ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 DÉCEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes du Nouvel an la prochaine séance ordinaire aura lieu le mardi 3 janvier au lieu du lundi 2.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires*. Note de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle prolonge une Note des *Comptes rendus* du 2 novembre 1938, présentée sous le même titre, et dans laquelle l'analyse nouvelle a été appliquée aux molécules PCl^3 et PCl^5.

Or mon Confrère Delépine m'a signalé une discussion importante, ouverte par le grand chimiste Urbain sur la structure réelle du chloroforme $CHCl^3$. D'après la théorie classique, le carbone tétravalent est uni à l'atome H et aux trois atomes Cl qui sont monovalents; mais Urbain, s'appuyant sur des faits chimiques, estime que cette molécule est une combinaison moléculaire formée par les deux groupes d'atomes ClH et CCl^2 [1].

J'ai appliqué au chloroforme l'analyse nouvelle, qui peut fournir des renseignements utiles, et j'ai étendu la recherche au chlorure d'ammonium $ClNH^4$.

Pour les détails et les propriétés de l'analyse le lecteur est prié de se

---

[1] Voir en particulier le tome II page 48 du volume *Coordination des atomes dans la molécule* (1933), par Urbain.

reporter aux 18 Notes antérieures sur le sujet et en particulier à la dernière du 2 novembre.

Sous l'influence des chocs et rayonnements multiples que reçoit la molécule, ses atomes et électrons sont déplacés et offrent plusieurs arrangements distincts. Dans chaque arrangement, les atomes forment plusieurs groupes, réduits en général à deux, qui s'opposent et activent chacun les électrons de l'autre par anneaux et sous-anneaux ; mais les radiations et fréquences qui en résultent, fréquences qui sont liées directement au nombre d'électrons activés, doivent être égales. Cette égalité des fréquences est plus facile lorsque les électrons des deux groupes sont à peu près en nombre égal, et la durée de l'arrangement est plus longue lorsque ces deux groupes ou même un seul, sont des molécules stables, capables de bien résister aux causes de démembrement. Ces particularités ont été reconnues sur de nombreuses molécules.

Avec le chloroforme, il suffira d'examiner avec soin les arrangements $CHCl\text{-}Cl^2$ et $ClH\text{-}CCl^2$, numérotés I et II. *A priori*, d'après les remarques qui précèdent, le deuxième arrangement, préconisé par Urbain, est le plus fréquent ; car il contient la molécule ClH, très stable, qui a le nombre d'électrons du gaz rare l'argon.

Le tableau XVIII ci-contre présente d'abord la liste *Act.* des nombres s' d'électrons activables dans les deux parties de chaque arrangement. On recherche les nombres s' qui sont communs à ces deux parties et qui doivent se retrouver dans l'analyse des fréquences et surtout des fréquences les plus intenses. Or ces nombres s' privilégiés sont plus nombreux dans l'arrangement II du composé ClH que dans les autres arrangements.

L'analyse des cinq fréquences les plus intenses du chloroforme est présentée plus bas; elle est complète seulement pour la fréquence de l'intensité maxima. Les nombres s' les plus importants sont 18 et ses sous-multiples 9 et 6, auxquels on peut joindre les nombres 12 et 27, puis le nombre 8 et ses multiples 16, 32, 40, et le nombre 17. La plupart de ces nombres sont rattachés à l'arrangement II, qui est de beaucoup le plus fréquent, les autres arrangements n'étant pas exclus. La disposition des atomes, soutenue par Urbain, est confirmée.

Le tableau donne ensuite la liste *Act.* et l'analyse de la molécule $ClNH^4$. *A priori*, l'arrangement II $ClH - NH^3$ est le plus fréquent, car ses deux parties sont des molécules très stables, qui ont le nombre d'électrons du néon et de l'argon. Les deux fréquences principales sont des fractions simples de la constante universelle d_1, et sont rattachées plutôt à l'arran-

TABLEAU XVIII. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules* (1).

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.) et sous-anneaux (a″. et a′.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules $CHCl^3$, $ClNH^4$ et $K^4Fe(CN)^6+3OH^2$ (2).

	CHCl³.				*ClNH⁴.*				*K⁴Fe(CN)⁶.(OH²)³.*				
	I.		*II.*		*I.*		*II.*						
	CClH.	*Cl².*	*ClH.*	*CCl².*	*Cl.*	*NH⁴.*	*ClH.*	*NH³.*	*K⁴.*	*Fe.*	*(CN)⁶.*	*(OH²)³.*	
1 a′.......	8	10	6	12	5	7	6	6			30	18	1 a′.
1 a	12	14	8	18	7	9	8	8	4	2	54	24	1 a.
2 a″.......										8			2 a″.
2 a′.......	20	26	14	32	13		14		28	14			2 a′.
2 a........	22	30	16	36	15	11	16	10	36	16	78	30	2 a.
3 a′.......									60	22			3 a′.
3 a........	24	34	18	40	17		18		68	24			3 a.
4 a........									76	26			4 a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm⁻¹.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombres s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux.
$CHCl^3$ liquide Raman....	$\nu=$ (10) 667,4 $=$	$34d_1/18\times3-1,6$	18 de ClH 3 a. et CCl^2 1 a.
6 fréquences,		$5d_1/8 \quad +3,3$	8 de ClH 1 a. et 16 de ClH 2 a.
58 électrons.			32 de CCl^2 2 a′. et 40 de CCl^2 3 a.
		$32d_1/17\times3+0,7$	17 de ClH^- 2 a. et CCl^{2+} 1 a.
		$17d_1/9\times3-1,6$	9 de $CClH^-$ et Cl^{2+} 1 a′.; 27 de Cl^{2-} 2 a.
		$29d_1/23\times2-2,4$	23 de $CClH^+$ 3 a.
		$22d_1/7\times5-0,3$	5 de CH 1 a. et Cl 1 a′.; 7 de CH 2 a. et Cl 1 a.
	$\nu=$ (5) 265,6 $=$	$2d_1/8 \quad -4,1$	16 de ClH 2 a. et 32 de CCl^2 2 a′.
	$\nu=$ (5) 365,7 $=$	$11d_1/32 \quad +0,5$	id.
	$\nu=$ (4) 1758,6 $=$	$53d_1/32 \quad -0,8$	id.
	$\nu=$ (3) 3019,9 $=$	$91d_1/32 \quad -1,6$	id.
$ClNH^4$ cristal Raman....	$\nu=$ (8) 3050,0 $=$	$23d_1/8 \quad +0,3$	8 de ClH et NH^3 1 a.
4 fréquences dont une	$\nu=$ (4) 1700,0 $=$	$8d_1/5 \quad +0,0$	10 de NH^3 2 a. et 8×5 de ClH 1 a.
douteuse, 28 électrons.	$\nu=$ (2) 3155,0 $=$	$95d_1/32 \quad +0,7$	8 de ClH et NH^3 1 a.
		$104d_1/7\times5-2,1$	7 de Cl 1 a. et NH^4 1 a′., de ClH^+ 1 a et NH^{3-} 1 a′.
$K^4Fe(CN)^6(OH^2)^3$			
cristal Raman........	$\nu=$ 2161,0 $=$	$57d_1/28 \quad -1,9$	28 de K^4 2 a′. et 14 de Fe 2 a′.
Une fréquence,		$59d_1/29 \quad -0,6$	29 de K^{4-} 2 a′. et de $(CN)^{6+}$ 1 a′.
180 électrons.		$61d_1/30 \quad +0,6$	30 de $(CN)^6$ 1 a′. et de $(OH^2)^3$ 2 a.
$K^3Cu(CN)^4$			
solution Raman......	$\nu=$ 2095 $=$	$67d_1/34 \quad +1,2$	17 de Cu 2 a′. et de K 3 a.
Une fréquence,		$71d_1/36 \quad +0,4$	36 de $(CN)^4$ 1 a.
138 électrons.			
$KAg(CN)^2$ cristal Raman.	$\nu=$ 2139 $=$	$143d_1/18\times4-0,8$	18 de $(CN)^2$ 2 a.
Une fréquence,		$145d_1/19\times4+0,0$	19 de K 4 a et de Ag 2 a.
92 électrons,			

(1) On rappelle que la formule générale (1) $\nu=q\,d_1/s'r'$ est la base de cette analyse spéciale, ν étant une fréquence de la molécule, d_1 la constante universelle 1062,5, s' le nombre des électrons excités, q et r' des nombres entiers. On recherche les nombres $s'r'$ qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence.

(2) Les fréquences du Tableau sont tirées des Mémoires : $CHCl^3$, par CABANNES et ROUSSET, *Ann. Phys.*, 19, 1933, p. 229; NH^4Cl, par PIAUX, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 66 et 1127; $K^4Fe(CN)^6$ et $KAg(CN)^2$, par KRISHNAMURTI, *Ind. Journ. Phys.*, 5, 1930, p. 663; $K^3Cu(CN)^4$), par BRAUNE ENGELBRECHT, *Z. f. Phys. Chemie*, B. 11, 1931, p. 409.

gement II. La disposition la plus fréquente des atomes n'est pas celle généralement admise.

II. L'égalité des fréquences émises par les différentes parties de la molécule a été vérifiée déjà sur plus de 150 molécules, le nombre des parties étant en général de deux et parfois de trois. Ces molécules, relativement simples, sont conformes à la théorie des valences. Or j'ai pensé que les autres molécules moins simples, telles que les sels doubles et les complexes, régies par les lois différentes de coordination de Werner, mais déjà divisées en parties par les chimistes, devaient offrir aussi l'égalité des fréquences propres de ces parties. Mais les données actuelles de l'observation sont le plus souvent insuffisantes, le spectre Raman ayant été relevé seulement pour un petit nombre de complexes. On peut tout au moins examiner leur liste *Act.*, déduite de leur formule chimique.

Le Tableau présente l'analyse des trois complexes $K^4Fe(CN)^6 + 3OH^2$, $K^3Cu(CN)^4$ et $KAg(CN)^2$ et en plus la liste *Act.* du premier. Le spectre Raman de ces trois molécules est simple et offre une seule fréquence, voisine de d_1 ou de $2d_1$. Dans ce cas spécial, les nombres s' donnés par l'analyse se suivent avec des différences de une ou deux unités. En fait, avec la première molécule, les nombres s' 28, 30 et 29 de la liste *Act.* se retrouvent dans l'analyse et les quatre parties de la molécule ont des fréquences égales ou très voisines. Les deux autres complexes, avec trois parties seulement, donnent un résultat identique.

Lorsque le spectre Raman n'est pas mesuré, la liste *Act.* donne souvent des indications utiles. Avec la carnallite $MgCl^2$, KCl, $(OH^2)^6$, les premiers anneaux des trois parties ont 16, 8 et 48 électrons; les conditions sont favorables à l'émission de fréquences égales. De même avec la molécule $Co(NH^3)^6Cl^3$ qui est la tête d'une série de Werner dont la dernière molécule est $CoCl^6K^3$. Les atomes Co, Cl et K ont les mêmes nombres s' 15 et 17 d'électrons activables et sont aisément substitués l'un à l'autre. Or $CoCl^3$, avec s' égal à 15, a 60 électrons, et les 6 molécules NH^3, avec s' égal à 10, ont aussi 60 électrons.

La formule simple qui relie chaque fréquence de la molécule aux électrons activés de ses atomes, et l'égalité nécessaire des fréquences émises par ses diverses parties m'ont permis en 1934 d'expliquer les valences des atomes, en tenant compte de la stabilité maxima acquise par les molécules ayant le nombre d'électrons des gaz rares (2). Il est possible que l'on explique

---

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 393 et 1543.

de la même manière les indices de coordination de Werner; auquel cas toutes les molécules seraient sous la dépendance d'une même loi simple. La condition imposée par la loi est nécessaire; mais est-elle suffisante? Elle paraît suffire avec les molécules A^2, A étant un atome qui n'appartient pas à la famille de l'hélium. En tout cas, il faut mesurer avec soin les radiations des complexes.

En outre j'ai commencé l'étude des catalyseurs, ayant toujours pensé que leur action curieuse était due à leur rayonnement. J'ai examiné deux catalyseurs bien connus, le platine, qui assure la formation rapide de l'eau et le sulfate de cuivre, utilisé pour la préparation du chlore dans un mélange d'air et d'acide chlorhydrique à 430°. Or les premiers sous-anneaux et anneaux du platine ont 10, 16 et 18 électrons et ceux de l'eau 8, 9 et 10 électrons. L'analyse du spectre Raman de $CuSO^4$ révèle pour les électrons activés les nombres s' 13, 15 et 17, qui sont les nombres d'électrons des deux premiers anneaux et des trois anneaux du chlore. Le catalyseur favoriserait la formation des composés qui ont avec lui en commun plusieurs nombres s' d'électrons activables; mais le nombre des catalyseurs étudiés est encore trop restreint.

L'étude complète des radiations émises par les molécules apparaît très utile et capable d'éclairer plusieurs points encore obscurs de la chimie actuelle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Azote, organates et richesse saccharine dans la Betterave.* Note de MM. Henri Colin et Maurice Simon.

La richesse saccharine, dans la racine de Betterave, est en raison inverse de la teneur en matières minérales; à une partie de cendres correspondent, dans les bonnes variétés sucrières, de 20 à 25 parties de sucre, 4 à 6 seulement dans les fourragères typiques. Il n'est pas d'exemple plus frappant du balancement entre les cendres et le sucre en vue du réglage de la pression intracellulaire; si la conductibilité électrique est bien différente d'une sorte de Betterave à l'autre, il s'en faut que l'abaissement du point cryoscopique varie dans la même proportion.

En se reportant aux données concernant l'amélioration progressive de la Betterave industrielle, on voit de même décroître les chiffres de minéralisation au fur et à mesure que la teneur en sucre augmente; les Bette-

raves de jadis, à 8-9 de sucre pour 100, avaient 8 de cendres pour le moins, les variétés actuelles, à 17-18 de sucre, n'en ont plus que 3 environ.

Les cendres sont de deux sortes, des sels neutres et des carbonates, ces derniers résultant de l'incinération des combinaisons organo-minérales, des sels d'acides organiques principalement. Les uns ne sont pas absolument indépendants des autres, entre les bases combinées aux acides minéraux et celles qui salifient les acides organiques le rapport est assez constant ([1]), un peu plus grand que l'unité. Richesse saccharine et teneur en organates varient donc en sens contraire.

Les Betteraves les plus riches en sucre étant également les plus pauvres en matières azotées, azote et organates vont ainsi de pair, ce qui laisse supposer que ceux-ci proviennent pour une part de l'assimilation de l'azote. En effet, la dislocation des nitrates dans la plante ne va pas sans mise en liberté de bases minérales qui n'y sauraient subsister telles quelles et ne peuvent être neutralisées que par les acides organiques.

Liebig estimait que les bases minérales, la potasse principalement, servent avant tout à neutraliser une partie des acides organiques que ces plantes produisent fatalement. Il ne prenait pas garde à l'autre aspect de la question, la neutralisation nécessaire, par les acides organiques, des bases libérées à partir des nitrates et des sulfates. Les plantes mises dans l'impossibilité d'assimiler n'en élaborent pas moins de l'acidité qui reste libre en grande partie; dès que l'assimilation est rendue possible le titre acidimétrique ne tarde pas à baisser.

Si ces vues sont exactes, azote, cendres et organates doivent varier de compagnie, en sens inverse de la richesse saccharine. C'est bien ce que l'on constate; toutes les expériences ont donné les mêmes résultats, soit en bacs étanches, sur sable siliceux additionné des sels indispensables, soit en pleine terre, sur les terrains de l'Institut Belge pour l'amélioration de la Betterave. Les chiffres ci-contre se rapportent à un essai sur l'influence de la fumure nitrique (No^3Na du Chili). En regard des doses d'engrais, en kilogrammes de N par Ha, figurent les pourcentages, quant à la pulpe fraîche, des sucres, de l'azote, des cendres, des organates, ces derniers évalués d'après l'alcalinité des cendres en centimètres cubes de liqueur normale :

([1]) Henri Colin et Maurice Simon, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2171.

Doses de N.	Sucre.	Azote organique.	Cendres.	Alcalinité en cm³ MOH normal soluble.	insoluble.	totale pour 1 de cendres.
0.....	18,8	0,16	0,54	4,2	2,8	13,1
75.....	18,6	0,18	0,74	5,9	3,0	12,7
175.....	16,3	0,24	0,82	6,5	2,8	13,8

Rien de tel ne se voit dans les feuilles, leur teneur en azote organique, en cendres, en organates, trois ou quatre fois plus élevée que dans la racine, augmente à peine avec la fumure azotée; ce qui varie, dans une large mesure, c'est l'importance du feuillage relativement à la souche, l'excès d'azote favorisant l'élaboration de la verdure.

Si l'on compare, d'après les chiffres du tableau précédent, les pourcentages d'azoté et d'organates, dans la racine de Betterave, pour diverses doses d'engrais nitrique, les rapports ne diffèrent pas sensiblement, compte tenu des difficultés de l'échantillonnage dans ces sortes de recherches. Mais il n'en est pas ainsi dans tous les cas. D'une Betterave sucrière à une fourragère les cendres et leur alcalinité sont multipliées par 4 environ, l'azote par 2 à peine. Entre ces deux types extrêmes se placent tous les intermédiaires, les diverses sortes de Betteraves cultivées.

Autre chose est l'influence de la variété quant aux proportions relatives d'azote, de cendres et d'organates, autre chose celle de la fumure nitrique sur une même sorte de Betterave; la salification des acides organiques n'est pas liée uniquement à la dislocation des nitrates à l'intérieur de la plante. Dans les premières phases de la végétation toutes les Betteraves se ressemblent par leurs teneurs extrêmement élevées en azote et en organates; dès que la variété s'affirme dans la structure anatomique de la racine on voit le saccharose prendre plus d'importance dans les Betteraves sucrières, tandis que l'azote, les cendres et leur alcalinité varient en sens opposé.

ÉVOLUTION. — *Au sujet de la néoténie chez les Acariens.*

Note de M. **François Grandjean.**

Le sens de l'expression *néoténie* vient d'être l'objet d'une étude intéressante par Mlle Germaine Cousin (¹). L'auteur y propose de désigner ainsi

(¹) *Bull. biol. France-Belgique*, **72**, 1938, p. 82-88.

non seulement les phénomènes proprement néoténiques, au sens originel de J. Kollmann, mais aussi ceux qui constituent la progénèse et la pædogénèse. D'autres auteurs vont beaucoup plus loin, puisque l'Homme est qualifié parfois de néoténique. Il ne me semble guère possible de donner une définition à la fois générale et précise de la néoténie. Si c'est l'existence, chez un adulte, de caractères immatures, tout dépend de ce que l'on appelle des caractères immatures (ou juvéniles, larvaires etc.). Comprise dans un sens très large, la néoténie rassemble des phénomènes qui diffèrent beaucoup entre eux et qui n'ont pas les mêmes causes.

Je n'ai pas d'ailleurs l'intention de discuter cela dans cette Note, mais seulement de dire comment la néoténie se présente chez les Acariens et comment elle s'y confond avec certains effets de l'évolution régressive.

Jusqu'ici on n'a rien observé de comparable, chez les Acariens, à la pædogénèse des Cécidomyes et des Chironomides.

Dans la néoténie proprement dite, du type Axolotl, il y a un organe néoténique qui aurait dû disparaître pendant le développement et qui a persisté jusqu'à l'adulte. Cette *néoténie positive* est exceptionnelle, car les organes provisoires, du moins pour ce qui concerne l'ontogénie postlarvaire, la seule en question, sont très peu nombreux.

Si l'on exige de l'organe provisoire qu'il ait une fonction spéciale aux états immatures, un seul cas paraît possible chez les Acariens : celui qui maintiendrait jusqu'à l'adulte la verrue larvaire ; mais celle-ci n'a jamais été vue que chez des prélarves ou des larves très éloignées de la maturité sexuelle ; elle n'est jamais néoténique.

Si l'on étend au contraire le sens du mot néoténie à des organes quelconques, on peut faire intervenir de petits organes, comme des poils. Certains poils larvaires et nymphaux non spécialisés, par exemple les compagnons des σ et des φ sur les génuaux et les tibias, sont régressifs dans l'ontogénie de plusieurs familles d'Acariens et les adultes ne les ont pas. Quand on les trouve sur d'autres adultes on n'est cependant pas tenté de les dire néoténiques, car cela signifie simplement, dans tous les cas que j'ai étudiés jusqu'ici, que ces poils n'ont pas subi la régression et qu'ils ont gardé, par conséquent, un caractère plus primitif.

Malgré cela je ne vois pas très bien où se place une limite précise entre ce cas et celui d'une néoténie incontestable, par exemple celle d'un Acarien (s'il existait) qui posséderait encore à la stase adulte une verrue larvaire. Celle-ci persistait peut-être, à l'origine, jusqu'à l'adulte, chez des Acariens depuis longtemps disparus. Entre la verrue et les poils régressifs dont je

viens de parler, la seule différence tout à fait certaine, mais seulement relative, est que l'immaturité de la verrue est générale chez les Acariens tandis que celle des poils est restreinte à certains phylums.

La *néoténie négative* consiste dans l'absence, à l'adulte, d'un organe qui aurait dû se faire pendant le développement. C'est un phénomène qui est très commun chez les Acariens.

L'exemple le plus parfait de cette sorte de néoténie est celui du genre *Phytoptipalpus*. La stase ultime du développement n'a que 6 pattes. Les Acarologues qui ont pris l'habitude, à tort, de désigner par larve une stase quelconque à 6 pattes, disent que la larve de *Phytoptipalpus* est capable de pondre. Il vaut certainement mieux dire, avec E. Reuter, que c'est un adulte. Le caractère néoténique est l'absence de la quatrième paire de pattes. Il n'y a pas d'organe néoténique.

Il faut comprendre que cet exemple, et tous les autres exemples de néoténie négative, sont des manifestations d'un phénomène régressif *plus général* qui ne s'exerce pas au hasard. J'ai déjà parlé de ce phénomène ([2]). Ici j'attire surtout l'attention sur la manière dont il frappe les pattes.

La première paire de pattes supprimée est la plus postérieure parce que c'est celle qui apparaît le plus tard dans l'ontogénèse. A ce stade *Phytoptipalpus* il y a néoténie car l'adulte ressemble beaucoup, non seulement à sa propre larve, mais aussi aux larves ordinaires d'Acariens, lesquelles sont presque toujours hexapodes. Si la régression va plus loin et supprime deux paires de pattes, ce sont alors la quatrième et la troisième. C'est le stade *Tetrapodili*. Peut-on dire encore qu'il y ait néoténie ? Je ne le crois pas car on ne connaît aucune espèce d'Acarien qui acquière sa troisième paire de pattes pendant le développement postlarvaire.

Un cas plus extrême est celui de *Podapolipus* chez qui la femelle n'a plus qu'une seule paire de pattes, la première, mais il ne s'agit probablement pas de la même sorte de régression que dans les exemples précédents. La femelle bipode succède à une stase hexapode; il ne peut donc être question de néoténie. Le mâle est hexapode.

Il est remarquable que la régression supprime les pattes dans un ordre déterminé, de l'arrière vers l'avant, mais cette règle devient beaucoup plus intéressante quand on observe qu'elle convient aussi aux petits organes portés par les pattes. Sauf sur les trochanters, ceux-ci sont en effet d'autant moins nombreux qu'ils appartiennent à une patte plus postérieure (ou

---

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1853.

moins antérieure). Voici, par exemple, le tableau des nombres de poils et de solénidions chez *Trhypochthonius tectorum*, pour les articles des pattes I, II, III et IV, aux cinq stases actives. Le premier chiffre est celui des poils. Le deuxième, séparé du précédent par une virgule, est celui des solénidions (quand l'article en porte). Les cinq stases sont l'adulte (Ad), les trois nymphes (n 1, n 2, n 3) et la larve (Lr).

	Fémurs.				Génuaux.				Tibias.				Tarses.			
Ad......	6	6	4	2	5,1	5,1	3,1	3	5,2	5,1	4,1	4,1	17,3	13,2	12	12
n 3......	6	6	3	2	5,1	3,1	3,1	3	5,2	4,1	3,1	3,1	14,3	11,2	10	10
n 2......	6	3	2	2	3,1	3,1	2,1	1	4,1	3,1	2,1	2,1	14,2	11,2	10	10
n 1......	3	2	2	0	3,1	3,1	2,1	0	4,1	3,1	2,1	0,0	14,2	11,1	10	7
Lr......	2	2	2		3,1	3,1	2,1		4,1	3,1	2,1		14,1	11,1	10	
Pattes...	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV

On voit par ce tableau que les chiffres décroissent, de I à IV, sur chaque ligne horizontale, pour un article quelconque, toutes les fois qu'ils changent et que la règle s'applique aussi bien aux larves, aux trois sortes de nymphes et aux adultes. La régression a donc agi plus fortement sur la quatrième paire de pattes que sur la troisième, davantage sur la troisième que sur la deuxième, etc. A l'origine, les pattes devaient être toutes semblables et porter les mêmes poils et petits organes.

Le tableau montre aussi que les chiffres décroissent, de l'adulte à la larve, sur chaque ligne verticale, pour un article quelconque, toutes les fois qu'ils changent. Cela veut dire qu'un poil ou un solénidion, s'il apparaît à une stase, se maintient toujours aux suivantes.

Le tableau montre donc encore que la régression, en accentuant ses effets numériques de I à IV, rend le développement de plus en plus tardif et incomplet, sur un article quelconque, dans le même ordre.

Pour un assez grand nombre d'Acariens j'ai dressé des tableaux analogues à celui que je donne ici pour *T. tectorum*. On reconnaît toujours les mêmes règles de décroissance, à condition qu'il n'y ait pas néotrichie ni régression ontogénique de certains poils. Par régression ontogénique j'entends l'apparition d'un poil à une stase du développement (ou son existence dès la larve) et sa suppression brusque ou progressive à une stase ultérieure.

Les fissures lyriformes se comportent comme les poils. Chez les Oribates la fissure dorsoproximale des tarses existe toujours, sauf une exception qui frappe invariablement le quatrième tarse de la protonymphe. Chez les

Acaridiæ on a des cas plus divers où les tarses de l'adulte n'ont pas tous une fissure lyriforme. Alors c'est le tarse I seul, ou les tarses I et II seuls, qui ont cette fissure.

Ainsi la suppression des petits organes portés par les pattes et la suppression des pattes elles-mêmes paraissent obéir à une même règle. Dans les deux cas on peut dire qu'il y a néoténie (négative) quand la régression en est encore à sa première étape, celle qui supprime les petits organes habituellement postlarvaires, ou la quatrième paire de pattes, qui est également un organe postlarvaire. Si la régression va plus loin et s'attaque à des organes habituellement larvaires la néoténie est dépassée.

On rattache souvent la néoténie à la réduction du nombre des mues, c'est-à-dire des stases. Chez les Acariens cette réduction ne veut pas dire qu'une partie du développement ait été supprimée, mais seulement que les étapes en sont moins nombreuses. Il ne semble exister aucun rapport général entre la plus ou moins grande ressemblance, ou dissemblance, qu'un adulte peut avoir avec sa larve et le nombre des stases que cet adulte a traversées à partir de l'œuf. Une seule mue peut changer beaucoup de caractères et plusieurs mues peuvent ne pas changer grand'chose. Ainsi *Retetydeus catenulatus*, qui est un Acarien fortement évolué, change très peu pendant son développement postlarvaire. Sa chætotaxie, en particulier, est presque constante. Il a conservé néanmoins les trois stases nymphales successives après la larve, comme les Acariens les plus primitifs.

Retetydeus, il est vrai, n'a perdu que de petits organes. Si des pattes sont supprimées, le développement ne comporte plus que des stases peu nombreuses. Je ne crois cependant pas que les deux phénomènes soient liés directement, mais plutôt qu'ils résultent l'un et l'autre de la très forte évolution régressive.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle extension de la théorie des équations du type elliptique*. Note de M. Georges Giraud.

Certains problèmes relatifs à des équations du type elliptique peuvent être traités dans des conditions un peu plus générales qu'il n'a été précédemment indiqué. La généralisation porte sur la nature des discontinuités qui peuvent affecter certaines fonctions données; elle ne rend nécessaire aucun changement dans la façon de poser les problèmes.

Soit $\mathcal{F}u = f$ l'équation du type elliptique, avec

$$\mathcal{F}u = \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\, \partial x_\beta} + \sum_{\alpha} b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, m;\ m \geqq 2),$$

cette opération $\mathcal{F}$ pouvant aussi être prise en un sens généralisé identique à celui qui a été défini ([1]). Nous ne modifions ni les hypothèses sur la nature de la frontière $\mathcal{S}$ du domaine $\mathcal{D}$ borné où sont définies toutes les fonctions $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c et f, ni les hypothèses sur la nature des variétés $\mathfrak{M}_n$ à $m-n$ dimensions, qui doivent contenir tous les points de discontinuité des fonctions b_α, c et f ([2]); les fonctions données sur $\mathcal{S}$, dont il sera question plus loin, seront continues en tout point de $\mathcal{S} - \sum_{n\geqq 2}\mathfrak{M}_n$. Les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent des conditions de Dini, au sens attribué précédemment à cette expression ([2]). Si l'on désigne : par $r_n(\mathrm{X})$ la plus courte distance entre le point X et la variété $\mathfrak{M}_n$; par $\omega(t)$ une fonction croissante telle que $\omega(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle $(t > 0)$; par $h(t)$ une fonction croissante, infiniment petite avec t; par $2\mathrm{R}$ la longueur de la plus grande corde de $\mathcal{S}$, et enfin par Q une constante positive, on suppose qu'on a

$$|b_\alpha| < \mathrm{Q}\left[\frac{h(r_1)}{r_1}\log^{-1}\frac{4\mathrm{R}}{r_1} + \sum_{n\geqq 2}\frac{\omega(r_n)}{r_n}\right],$$

$$|c| < \mathrm{Q}\left[\frac{\omega(r_1)}{r_1} + \frac{h(r_2)}{r_2^2}\log^{-2}\frac{4\mathrm{R}}{r_2} + \sum_{n\geqq 3}\frac{\omega(r_n)}{r_n^2}\right], \qquad |f| < \mathrm{Q}\sum\frac{\omega(r_n)}{r_n^n}.$$

Les équations que doit satisfaire l'inconnue u ne concernent ni les points communs à $\mathcal{D}$ et aux $\mathfrak{M}_n$, ni les points communs à $\mathcal{S}$ et aux $\mathfrak{M}_n$ dont l'indice n est $\geqq 2$, ni certains points communs à $\mathcal{S}$ et à $\mathfrak{M}_1$; il est suppléé à ces équations comme antérieurement ([3]).

Si le problème est du type de Dirichlet, c'est-à-dire si l'équation relative à la frontière est $u = \varphi_1$, la fonction donnée φ_1 est telle que son quotient par $\log(4\mathrm{R}/r_2) + \sum_{n\geqq 3} r_n^{2-n}$ tend vers zéro quand ce dénominateur augmente indéfiniment.

Dans l'autre sorte de problèmes que nous considérons, l'équation relative

---

([1]) *Bull. Sciences Math.*, 56, 1932, p. 248 à 272, 281 à 312, 316 à 352 et 384; spécialement Chap. I.

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 925 à 928.

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1157 à 1160.

à la frontière est $\Theta u = \varphi_2$, avec

$$\Theta u = \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}\varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \chi u,$$

cette opération pouvant aussi être prise dans le sens généralisé connu ([4]) ($a_{\beta,\alpha}$ n'est pas nécessairement identique à $a_{\alpha,\beta}$, et les ϖ_α sont les cosinus directeurs de la normale, prise dans le sens sortant de $\mathcal{D}$). Nous supposons alors qu'on a

$$|\chi| < Q\left[\frac{h(r_2)}{r_2}\log^{-2}\frac{4R}{r_2} + \sum_{n\geq 3}\frac{\omega(r_n)}{r_n}\right], \qquad |\varphi_2| < Q\sum_n \frac{\omega(r_n)}{r_n^{n-1}}.$$

La méthode suivie pour cette généralisation est exactement celle qui a servi antérieurement, et qui comporte d'abord la formation de la fonction de Green relative à un problème dont toutes les données sont continues. Pour les problèmes du type de Dirichlet, il est utile de revenir sur la formation de cette fonction de Green : H_1 étant la fonction dont il a été parlé ([5]); nous posons $K_1 = \mathcal{F} H_1 - g^2 H_1$, puis, en supposant g assez grand et en désignant par $K_1^{(n)}$ les noyaux itérés,

$$H(X, \Xi) = H_1(X, \Xi) + \sum_n \int_{\varpi}^{(m)} H_1(X, A) K_1^{(n)}(A, \Xi)\, dV_A;$$

cette fonction H est celle qui doit être ensuite employée comme il a été dit.

Ces nouveaux résultats entraînent des conséquences pour l'allure des dérivées. Notons d'abord que le changement de variables employé pour étudier cette allure ([6]) ne réussit que moyennant certaines restrictions sur la nature de la frontière $\mathcal{S}$, et qu'il aurait fallu poser

$$x_m = \text{moy}[F(X), y_m; \lambda, q] + y_m,$$

en employant la première espèce de moyennes introduite dans ces questions ([5]); la seconde espèce de moyennes ([6]) sert à définir les autres variables $y_\alpha (\alpha < m)$. Le résultat ainsi obtenu est le suivant :

Choisissons les fonctions ω *et* h (voir ci-dessus) *de façon qu'il existe deux nombres positifs* μ *et* ν *tels que* $\omega(t)\log^{\nu}(4R/t)$ *soit croissant et que* $\omega(t)\log^{1+\mu}(4R/t)$ *et* $h(t)\log^{\mu}(4R/t)$ *soient décroissants. On suppose que les*

([4]) *Annali della R. Scuola Norm. Sup. di Pisa*, 2e série, 7, 1938, p. 25 à 71; spécialement Chap. II, § 3.

([5]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1233-1235.

([6]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 956-958.

dérivées des fonctions $x_m = \mathrm{F}(x_1, \ldots, x_{m-1})$ *et analogues, qui servent à définir* $\mathcal{S}$, *remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* $h(t)\log^{-2}(4\mathrm{R}/t)$; *les dérivées de* φ_1 *existent par hypothèse et remplissent des conditions de Dini avec la même fonction limitante. Les* $a_{\alpha,\beta}$ *remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* ω. *Enfin on suppose que* $\mathfrak{M}_n$ *n'existe que pour* $n = 1$ *et que les valeurs absolues de* c *et de* f *sont* $< \mathrm{Q}h(r_1)\log^{-2}(4\mathrm{R}/r_1)r_1^{-1}$. *Alors la différence des valeurs prises par* $\partial u/\partial x_\alpha$ *en deux points variables dont la distance mutuelle est* L *est moindre que le produit d'une constante par la plus grande des fonctions* $h(\mathrm{L})$ *et* $\omega(\mathrm{L})\log(4\mathrm{R}/\mathrm{L})$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème biharmonique.* Note de M. Jules Haag.

1. Au cours d'une étude sur les fils élastiques, j'ai eu l'occasion de m'occuper du *problème biharmonique*. Quoique ce problème ait été déjà résolu par divers auteurs, je crois utile d'indiquer la solution ci-après, qui constitue une application intéressante de la théorie des *équations à intégrales principales*, dont les beaux travaux de M. Georges Giraud ont montré toute la fécondité.

2. Soit un contour Γ, dont les coordonnées du point courant admettent, par rapport à un certain paramètre, des dérivées remplissant une condition de Hölder et ne s'annulant pas simultanément. Il s'agit de *trouver une fonction biharmonique* φ, *connaissant ses valeurs et celles de sa dérivée normale intérieure le long de* Γ.

Choisissons arbitrairement un point intérieur O. On peut écrire

$$\varphi = \mathrm{U} + r^2\mathrm{V},$$

U et V désignant deux fonctions harmoniques et r la distance de O au point courant de l'aire limitée par Γ. Faisons maintenant une transformation conforme représentant ladite aire sur le cercle C de rayon *un*. Les fonctions U et V deviennent des fonctions harmoniques dans C et r^2 devient une fonction $\mathrm{L}(x, y)$, qui est analytique et régulière à l'intérieur de C et qui admet des dérivées premières finies, höldériennes et non simultanément nulles en tout point de C, si Γ *ne possède aucun point anguleux* [1].

---

[1] Cette restriction m'a été signalée par M. Georges Giraud, qui a bien voulu m'indiquer aussi que l'équation (4) ci-après rentrait dans le cadre de sa théorie des équations à intégrales principales.

J'appellerai $\lambda(\theta)$ et $\mu(\theta)$ les valeurs de cette fonction et de sa dérivée normale au point de C dont le rayon a pour angle polaire θ. La fonction $\lambda(\theta)$ admet une dérivée höldérienne; la fonction $\mu(\theta)$ est finie, non nulle et höldérienne.

3. En changeant la fonction U, nous pouvons supposer que φ s'annule sur Γ. Dès lors, si $u(\theta)$ et $v(\theta)$ sont les valeurs des fonctions U et V sur C et si $u_n(\theta)$ et $v_n(\theta)$ sont les valeurs de leurs dérivées normales, on a les deux conditions

$$u(\theta) + \lambda(\theta) v(\theta) = 0, \tag{1}$$

$$u_n(\theta) + \lambda(\theta) v_n(\theta) + \mu(\theta) v(\theta) = f(\theta), \tag{2}$$

$f(\theta)$ désignant une fonction connue, que nous supposons finie et höldérienne [2]. Or, en partant de la formule de Poisson, on peut démontrer que

$$u_n(\theta) = \frac{1}{4\pi} \int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi} \frac{u(t) - u(\theta)}{\sin^2 \frac{t-\theta}{2}} dt, \tag{3}$$

l'intégrale étant *principale* [3]. En portant dans (3), il vient

$$v(\theta) = \frac{1}{4\pi} \int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi} \frac{\lambda(t) - \lambda(\theta)}{\mu(\theta) \sin^2 \frac{t-\theta}{2}} v(t)\, dt + \frac{f(\theta)}{\mu(\theta)}. \tag{4}$$

Si le contour Γ *est convexe*, cette *équation à intégrale principale* est un cas particulier de celles qu'a étudiées M. Georges Giraud [4]. Par itération, elle se ramène à une équation de Fredholm.

---

(2) Cette condition est remplie sur C, si elle l'est sur Γ, grâce à l'absence de points anguleux.

(3) On peut aussi démontrer que la dérivée de U suivant la direction intérieure qui fait l'angle φ avec la tangente positive à C est donnée par

$$u'(\theta) \cos\varphi + \frac{\sin\varphi}{2\pi} \int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi} u'(t) \cot \frac{t-\theta}{2}\, dt,$$

et cette formule permet de résoudre certains problèmes mixtes de conditions aux limites.

(4) *Ann. sc. Éc. Norm. sup.*, 51, 1934. Voir, en particulier, p. 322.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Interprétation des mouvements fluides théoriques par dessins animés.* Note [1] de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Les mouvements fluides théoriques non permanents étant en général très compliqués et leur interprétation difficile, le recours au procédé des dessins animés m'avait semblé tout indiqué [2], et je viens de faire un essai de mise au point de cette méthode.

On peut utiliser dans ce but soit les variables d'Euler, soit celles de Lagrange, soit aussi des systèmes de lignes de courant ou des réseaux formés par des lignes de courant et des lignes équipotentielles [3]. La distance entre deux quelconques de ces lignes de courant est déterminée par la condition de constance du flux.

Quelques coupures du premier film réalisé sont reproduites ci-contre :

Premier exemple (*fig.* 1). — Lignes de courant dans un mouvement plan non permanent d'un fluide incompressible, de vitesse uniforme à l'infini, autour d'un cylindre de révolution dont le diamètre varie périodiquement.

Deuxième exemple (*fig.* 2). — Modification du réseau formé par des lignes de courant et des lignes équipotentielles dans un mouvement supersonique d'un fluide compressible au-dessus d'une surface ondulée, lorsque le rapport a de la vitesse q du courant à la célérité c du son augmente progressivement. Toute augmentation du rapport a détermine le morcellement du milieu continu compressible en un nombre plus grand de quanta [4].

Troisième exemple (*fig.* 3). — Mouvement de particules fluides, décrivant des trajectoires elliptiques, dans un groupe d'ondes se propageant avec une vitesse supersonique $-q$ dans un fluide compressible. Ces courbes ont été obtenues en intégrant un système d'équations que j'avais obtenu précédemment [5] et en donnant au rapport $a = q/c$, où c est la célérité du son, la valeur $\sqrt{2}$.

---

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 216. La méthode des dessins animés peut être aussi appliquée utilement à l'interprétation visuelle de transformations mathématiques, par exemple à la transformation conforme.

(3) La méthode des variables $(\varphi, \psi_1, \psi_2, t)$ trouve aussi une application intéressante dans l'étude directe et l'interprétation de la turbulence.

(4) *Recherches sur l'amélioration des qualités aérodynamiques des profils d'ailes aux grandes vitesses. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **108**, Paris, 1938, p. 40.

(5) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 698.

Quatrième exemple (*fig.* 4). — Lorsque le rapport $a = q/c$ augmente, les oscillations des particules du fluide compressible, non soumis à des forces extérieures, tendent à devenir orthogonales à la vitesse de groupe q. On s'en

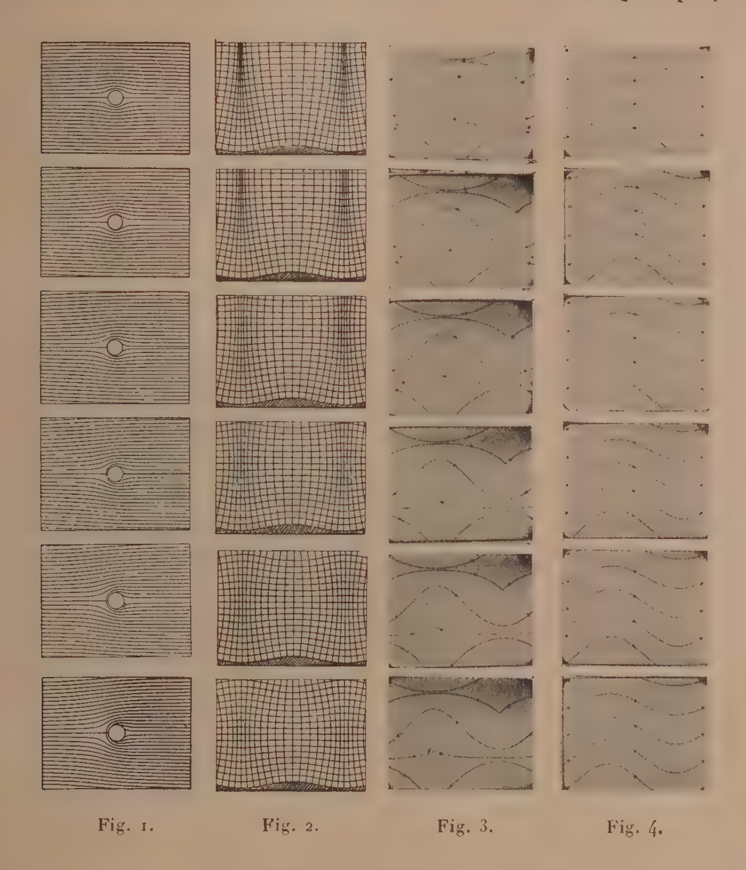


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

rend bien compte en considérant les tracés de la figure 4 calculés en donnant au rapport a la valeur 40. Ce sont des oscillations transversales, semblables à celles que Young et Fresnel ont été amenés à reconnaître, il y a 120 ans, dans la propagation de la lumière, mais qu'on ne parvenait à expliquer ([6]) qu'en assimilant l'éther à un solide élastique.

([6]) E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Dublin, 1910, p. 137.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions micro-cristallines, très sensibles, du bismuth et de l'antimoine métalloïdiques.* Note de M. GEORGES DENIGÈS.

Ces réactions sont fondées sur la facilité avec laquelle l'iode, en solution alcoolique, donne, avec Bi ou Sb libres, les triiodures correspondants, cristallisés, dont les variations, de nature et d'aspect, sous l'influence de vapeurs de NH^3 puis de ClH, sont très caractéristiques. On les réalisera comme suit :

Cas du bismuth. — Sur une lame de verre, on dépose quelques très fines parcelles de bismuth, telles qu'on peut les obtenir, par exemple, en raclant la surface de ce métalloïde avec une pointe de canif, puis on les immerge dans une assez forte goutte de teinture d'iode officinale ([1]), non iodurée, apportée à leur contact par une baguette de verre.

Toutefois, avant cette addition d'iode, il est nécessaire, pour obtenir la réussite parfaite de l'opération, d'abord de réunir les parcelles métalloïdiques au centre non de la lame mais d'un des tiers extrêmes de sa surface, de façon à éviter une extension excessive du réactif. En outre, pour limiter encore cette diffusion, on chauffera une bande, de la lame porte-objet, parallèle au petit côté le plus voisin de la prise d'essai et dont la distance, aux parcelles de Bi, sera sensiblement égale à celle de ces parcelles au petit côté.

Quant à l'échauffement lui-même, il sera réalisé à l'aide d'une petite flamme (telle que celle, suffisamment surbaissée, d'une lampe à essence).

La lame, tenue à la main, sera portée à 1 ou 2^{cm} au-dessus de la flamme et, par un mouvement rapide de va-et-vient, suivant la bande indiquée, on obtiendra bien vite la température convenable. Elle doit être telle que le dos de l'index passé de temps en temps sous le verre et à son contact, pendant l'opération, puisse juste la supporter.

C'est à ce moment qu'on apporte la teinture d'iode. On cherche à en maintenir la partie la plus liquide au centre de l'essai, par un léger mouvement d'oscillation. Dans ces conditions, elle fournit une surface de diffusion ne s'étendant pas au delà de la bande chauffée et qui se stabilise vite. Ce point atteint, on porte dans l'air chaud surmontant une petite flamme,

---

([1]) On peut se servir, sans inconvénient, surtout pour les très minimes quantités de Bi, d'une solution alcoolique d'iode plus étendue que celle du Codex.

la lame de verre toujours tenue à la main qui doit lui imprimer constamment un mouvement circulaire dans son plan.

L'alcool s'évapore d'abord en laissant un enduit rouge foncé qui devient grisâtre lorsque l'iode a complètement disparu. Ce résultat atteint, on pratique l'examen microscopique du résidu, à sec, à un grossissement de 130 à 200 D. en explorant surtout les régions les plus grises.

On aperçoit alors, de-ci de-là, un feutrage de cristaux aiguillés, presque noirs, parfois réunis en paquets. Ils sont mélangés de petits rhombes ou de sphérules de même teinte. En certains points, ces sphérules sont à peu près exclusives. Ces divers éléments sont formés, uniquement, de triiodure de bismuth. Parfois, se voient des cristaux écarlates d'oxyiodure de bismuth.

Un des caractères les plus remarquables des produits foncés est de prendre une couleur orangée lorsqu'on les porte au contact de vapeurs ammoniacales. En couvrant, par exemple, l'orifice d'un flacon d'ammoniaque, avec la préparation, on voit celle-ci devenir rouge orangé, puis jaune citron.

Si, avant d'obtenir cette dernière teinte, on fait un examen microscopique du produit, on constate que les aiguilles et autres éléments bruns sont devenus orangés ou grenats par formation du sel de Rammelsberg $I^3Bi, 3NH^3$.

En déposant, puis évaporant, comme précédemment, une nouvelle goutte de teinture d'iode sur la préparation, celle-ci présente alors un aspect microscopique différent selon que le bismuth avait été combiné en totalité ou seulement en partie, avec l'iode, lors de l'attaque initiale.

Dans ce dernier cas, on observe des néo-cristaux aiguillés, bruns, mais associés à de beaux rhombes ou hexaèdres, jaunes ou orangés, de $I^3Bi, 3NH^3$.

Dans le premier cas, seuls les cristaux de ce dernier type se montrent. Si, après l'action de NH^3 et le changement de teinte du produit, on expose la préparation à des vapeurs de ClH, I^3Bi est régénéré avec sa forme en aiguilles brunes. Celles-ci reprennent, de nouveau, la teinte orangée sous l'influence de NH^3 en reformant $I^3Bi, 3NH^3$. Cette réaction est donc réversible.

On réalise des phénomènes analogues avec les vapeurs des amines primaires, secondaires et tertiaires par formation de composés du type $I^3Bi, 3NX^3$.

Ici encore, de plus belles cristallisations sont obtenues si l'on recom-

mence l'attaque du résidu par une nouvelle goutte de teinture d'iode. La pyridine dissout les cristaux bruns de I^3Bi en se colorant en jaune. Évaporée, elle abandonne un résidu rouge qui, par l'action d'une nouvelle goutte de réactif iodé et évaporation, fournit des cristaux de même teinte.

Dans tous les cas passés en revue, ce double traitement à l'iode est utile.

Cas de l'antimoine. — Traité par la teinture d'iode dans des conditions identiques à celles qui viennent d'être indiquées pour le bismuth, l'antimoine laisse un résidu rougeâtre de I^3Sb qui, examiné à 130-200 D., montre des rhombes aigus jaunes ou orangés et, en outre, de petits hexaèdres de même teinte. Les cristaux sont plus beaux si l'on renouvelle le traitement par le réactif iodé, avec évaporation finale.

Mais ce qui caractérise ce résidu, en dehors de son aspect cristallin, c'est qu'exposé aux vapeurs ammoniacales il devient blanc, la combinaison ammoniacale de I^3Sb étant incolore alors que celle de I^3Bi est orangée. Si l'on soumet aux vapeurs de ClH la préparation ainsi décolorée, elle reprend sa teinte jaune rouge initiale par retour à I^3Sb.

Des faits analogues se constatent en remplaçant NH^3 par des amines.

La pyridine décolore aussi le triiodure d'antimoine en le dissolvant.

Nota. — Quelques modifications de détail permettent d'appliquer ces propriétés à l'identification du bismuth et de l'antimoine combinés, ainsi que nous le montrerons.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur deux nouveaux cas de Xénie chez le Pommier.* Note de M. **Lucien Daniel**.

L'existence de la Xénie, c'est-à-dire de l'action exercée exceptionnellement par un embryon hybride sur le fruit et les téguments de la graine qui sont les organes purement maternels a été depuis longtemps constatée par les praticiens chez les melons. Ces fruits prennent le goût de la citrouille ou de la pastèque quand ils sont cultivés à côté de ces espèces. Ce fait a été scientifiquement contrôlé par Leclerc du Sablon.

Maximowicz, chez les Lis et Laxton, chez les Pois en ont obtenu des exemples frappants. Plus tard, en 1914, Jean Daniel a étudié la morphologie interne et externe des descendants très variés d'une Xénie du Haricot de Soissons gros fécondé par le Haricot noir de Belgique, qui rappelaient le retour à la variation désordonnée de Naudin que j'avais obtenu à la suite du greffage de ces deux races dites *pures*. En 1916, j'ai

décrit un singulier cas de Xénie chez le fruit et la graine d'un Noyer fécondé fortuitement par le Coudrier ([1]).

Chez les Pomacées, les Xénies du fruit sont également connues depuis longtemps. La première a été décrite par Darwin et concerne le pommier de Saint-Valéry, aujourd'hui disparu. Cet arbre était devenu stérile et dioïque par avortements des étamines; il ne donnait du fruit que s'il était fécondé par le pollen bien constitué d'une autre espèce. Dans ce cas, la pomme rappelait celle du mâle choisi, par la taille, la forme et la couleur.

En 1907, j'ai décrit et figuré un cas de Xénie chez le poirier Beurré d'Aremberg cultivé en candélabre, dont une branche portait à la fois des fruits de forme et de composition normales, des fruits simplement modifiés dans leur forme et d'autres dans la forme, la peau et dans la chair devenue pierreuse et moins sapide ([2]).

Depuis cette époque, des Xénies nouvelles ont été observées chez diverses variétés de Pommier. Les plus démonstratives sont celles de la Reine des reinettes qui, fécondée d'une part par le Calville blanc d'hiver, a fourni des fruits présentant l'épiderme et la forme côtelée du fruit de celui-ci; qui, d'autre part, croisée par la Reinette Ananas, a donné une pomme plus petite et de couleur or.

Cette année, j'ai pu contrôler et examiner des Xénies qui m'ont été aimablement communiquées par M. Philippe, pharmacien à Rennes, observateur consciencieux et botaniste averti. Dans son jardin existent deux pommiers contigus, âgés de vingt ans environ et greffés sur franc. L'un appartient à la variété Calville rouge d'hiver, l'autre à la variété locale Reinette de la Guerche. La première a un fruit entièrement rouge carmin uniforme, une chair fondante à sa maturité qui a lieu en novembre-décembre. La seconde a la peau blanc verdâtre, une chair blanchâtre et dure à sa maturité qui est plus tardive que chez la première.

Sur une branche vigoureuse de la Reinette de la Guerche sont apparues quatre pommes sensiblement intermédiaires comme caractères entre les deux variétés. Leur couleur était rouge un peu plus pâle que chez le fruit de Calville rouge sur la moitié environ de leur surface; le reste était d'un jaune assez vif lavé de verdâtre. Leur chair légèrement fondante était plus ferme que celle de la Reinette, de goût différent, et leur maturité était

([1]) Lucien Daniel, *Revue générale de Botanique*, 28, 1916, p. 11.
([2]) Lucien Daniel, *Revue bretonne de Botanique*, 2, 1907, p. 109.

intermédiaire entre celles des variétés parentes. Une de ces pommes avait un pépin; les trois autres n'en avaient pas.

La deuxième Xénie a été fournie par le Calville blanc qui a donné quelques fruits gros, allongés en forme de tonnelet, à côtes à peine saillantes au sommet, à œil petit et clos. La peau, d'un jaune plus vif, était lavée de rougeâtre accentué à la base; la chair était blanche, moins parfumée, moins juteuse et plus croquante que chez le type normal.

Dans ces Xénies, les modifications rappellent ce qui se passe pour les greffages : pratiquement, elles constituent, soit des améliorations, soit des détériorations et, à ce titre, le choix des variétés s'impose. Il pourrait se faire que, comme chez le Haricot, elles aient une influence sur la postérité des graines, quand il y en a, ce qui permettrait sans doute d'obtenir des variétés nouvelles intéressantes.

Enfin il existe, très rarement, à ma connaissance, des Xénies sectoriales qui s'effectuent non sur les cinq carpelles de la pomme mais sur un, de telle sorte qu'un cinquième du fruit est du type paternel et le reste du type maternel. J'en ai vu un exemple très net qui me fut soumis sans que j'ai pu connaître sûrement les deux variétés en cause. Il s'agissait évidemment de la fécondation croisée pour le carpelle du type paternel et de l'autofécondation ou du croisement de pieds du type maternel pour les quatre autres carpelles. Ce fait rappelle ceux que j'ai figurés chez les fruits des *Cratægomespilus Bonnieri* et *C. Asnieresi* ainsi que chez les fruits des hybrides de greffe de *Solanum* observés par Jorgessen et Crane.

Aujourd'hui l'attention des praticiens et des biologistes est enfin attirée sur ces faits de Xénie que certains théoriciens ont si longtemps considérés comme des illusions. Ils offrent un nouveau terrain de recherches plein de promesses, à peine exploré encore, à l'activité des jeunes travailleurs doués de l'esprit de continuité et que n'effraieront ni les difficultés de la reproduction des faits exceptionnels, ni les expériences de longue haleine.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de mon Ouvrage intitulé *Valeur pratique et philosophie des Probabilités*, qui est le dernier fascicule (Tome IV, fasc. III) du *Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications*.

J'avais précédemment indiqué que la publication de ce *Traité*, grâce au concours de mes collaborateurs, serait entièrement terminée au cours de

l'année 1938; diverses circonstances, notamment les événements du mois de septembre, ont amené un léger retard dans la correction des épreuves et l'impression des deux fascicules dont l'un paraît aujourd'hui; c'est seulement dans quelques semaines que je pourrai faire hommage de la *Mécanique statistique quantique*, due à M. Francis Perrin.

Ce *Traité*, maintenant achevé au bout d'une quinzaine d'années, se compose de 4 Tomes, divisés en 19 fascicules; je crois pouvoir dire que c'est l'exposé le plus complet consacré à la théorie des probabilités et à ses diverses applications. Nous avons pensé qu'il y avait un grand intérêt scientifique à présenter ainsi un Traité d'ensemble d'une science dont les applications aux autres sciences deviennent chaque jour plus nombreuses, car ces diverses applications peuvent s'éclairer les unes les autres et contribuer également au progrès de la théorie.

Dans le fascicule, que je présente aujourd'hui et qui termine le *Traité*, j'ai cherché à mettre en évidence l'importance des probabilités dans la théorie générale de la connaissance, importance qui n'est pas moindre que celle de leurs multiples applications pratiques. On trouvera à la fin du volume la Table générale des matières du *Traité*. On pourra ainsi se rendre compte de l'importance du concours que m'ont donné les divers collaborateurs auxquels sont dus 14 des 19 fascicules, ainsi que ceux de mes élèves qui m'ont aidé dans la rédaction de mes cours. En les remerciant tous, je tiens à rendre hommage à la mémoire du regretté savant astronome suédois C. V. L. Charlier, qui avait bien voulu écrire le fascicule consacré aux *Applications à l'Astronomie* (Tome II, fasc. IV).

M. **Maurice Javillier** fait hommage à l'Académie, au nom de M. Michel Polonovski et d'un ensemble de collaborateurs, d'un Ouvrage intitulé *Exposés annuels de Biochimie médicale*. Cet ouvrage renferme quatorze Conférences, faites au Laboratoire de Chimie de la Faculté de Médecine par M. Polonovski et plusieurs de ses Collègues biochimistes (MM. E. Aubel, E. J. Bigwood, P. Boulanger, P. Fleury, Ch.-O. Guillaumin, M. Javillier, M. Machebœuf, Ch. Sannié, R. Wolff, R. Wurmser) sur des sujets d'actualité : constitution des diastases, vitamines A et B, mécanismes d'oxydation biochimique, cancer chimique, cénapses lipido-protéidiques, ammoniémie, chromatographie etc. Ces Conférences seront poursuivies chaque année et publiées sous la même forme.

M. Dimitri Riabouchinsky fait hommage à l'Académie de l'Opuscule qu'il vient de publier sous le titre *Galileo's Antinomy and the Class of Numbers defined by their Value and Origin.*

M. Israël Holmgren fait hommage à l'Académie de l'ensemble de ses publications.

NOMINATIONS.

M. Edmond Sergent est désigné pour représenter l'Académie aux *Cérémonies commémoratives* en l'honneur de M. Pierre Viala qui auront lieu le 26 mars 1939 à l'Institut agricole d'Algérie et à Alger.

M. Léon Guillet est désigné pour faire partie du jury chargé de décerner le prix *Jean Barès* décerné par le *Centre National de la Recherche Scientifique appliquée* au Ministère de l'Éducation nationale, en remplacement de M. *L. Lumière*, démissionnaire.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à une place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes, pour la première ligne, M. *Jean Tilho* obtient 37 suffrages contre 1 à M. *D. Cot.*

Pour la seconde ligne, M. *Donatien Cot* obtient 29 suffrages. Il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Jean Tilho.**
En seconde ligne............... M. **Donatien Cot.**

CORRESPONDANCE.

Mmes Paul Dubreil-Jacotin, Louise Nouvel, Arthur Randoin;

Mlle Marie-Thérèse Gertrude;

MM. Henri Abraham, Manuel Ansel, Marius Aubert, Marius Badoche, Jacques Bailly, Paul Baize, Alfred Balachowsky, Alfred Bensaude, Charles Berthelot, Louis Bounoure, Raoul Bricard, Henri Buisle, l'Abbé Alfred Carpentier, Henri Chermezon, Henri Chrétien, André Couder, Louis Couffignal, Jean Coulomb, Robert Courrier, Gaston Courtois, Antoine de Cugnac, André Danjon, Paul Delens, Léon Delhoume, Arnaud Denjoy, Jean Dieudonné, André Donatien, Eugène Dubois, Vital Ducomet, Roger Duffau, Maurice Duportet, Hervé Fabre, Jean Favard, Jean Feldmann, Marcel Florkin, Étienne Foëx, Pierre Girard, Louis Grelot, Gaston Grenet, Moïse Haissinsky, Victor Hégly, Roger Heim, Horia Hulubei, Grégoire Ichok, Pierre Jolibois, Justin Jolly, Pierre Lacroute, André Lallemand, Pierre Lambert, Jean Lavollay, Félix Lestoquard, Marcel Liégeois, Bertil Lindblad, Aimé Luquet, Bernard Lyot, Szolem Mandelbrojt, André Mayer, Marcel Mennesson, Théodore Monod, Lucien et Jean Morellet, Albert Nandillon, Héloïs Ollivier, André Pages, Joseph Pérès, Jean Piveteau, Guy Poumeau-Delille, Raymond Quelet, Paul Remlinger, André Romer, Henri Schoeller, Max Serruys, l'Abbé Augustin Sesmat, Gaston Seurat, Jacques Soubrier, Émile Thellier, Jean Torlais, Henri Vigreux, Pierre Vintemberger, André Wahl, Georges Weller adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mlle Germaine Cousin;

MM. François Bedeau, Louis Blaringhem, Paul Chabanaud, Daniel Chalonge, Daniel Barbier et Albert Arnulf, Lucien Daniel, Georges Deflandre, Frédéric Diénert, René Dubrisay, Louis Dunoyer, Pierre Fleury, René Freymann, Henry Hubert, Antoine Lasserre, Michel Machebœuf, Frédéric Marty, Maurice Pierre, Frédéric Roger, Pierre Teilhard de Chardin, Voldemar Vilter adressent des remer-

ciments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

Mme **Charles Gravier** et Mlle **Marguerite Flahault** adressent également des remercîments.

Le **Sixième Congrès scientifique du Pacifique** invite l'Académie à se faire représenter à la réunion qu'il tiendra, en juillet ou août 1939, à San Francisco, Californie.

La **Commission nationale des Industries agricoles** invite l'Académie à se faire représenter au *VIe Congrès international, technique et chimique des industries agricoles*, qui doit se réunir à Budapest du 10 au 20 juillet 1939.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les sommes de puissances entières.* Note (1) de M. **H. Davenport**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit k un nombre entier, $k \geq 3$. Le problème de Waring a pour objet de déterminer le nombre de puissances $k^{\text{ièmes}}$ positives entières qui suffit à représenter tout nombre suffisamment grand. Dans presque toutes les recherches qui ont été faites d'après la méthode analytique de Hardy et Littlewood, on s'est servi d'une construction élémentaire (2) (due aux mêmes auteurs) pour obtenir des nombres différents qui sont sommes de s puissances $k^{\text{ièmes}}$.

J'ai découvert récemment une construction qui donne des résultats plus précis. Prenons pour exemple le cas de trois puissances quatrièmes. Je vais démontrer que *le nombre de solutions entières de l'équation*

$$(1) \qquad x_1^4 + y_1^4 + z_1^4 = x_2^4 + y_2^4 + z_2^4,$$

avec

$$(2) \qquad P < x_1,\ x_2 < 2P, \qquad 0 < y_1,\ z_1,\ y_2,\ z_2 < P^{\frac{5}{6}},$$

est au plus $P^{1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$, *pour chaque* $\varepsilon > 0$, *si* P *est suffisamment grand.* Cela

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) Voir par exemple Landau, *Vorlesungen über Zahlentheorie*, Satz 348.

implique qu'il y a plus de $N^{\frac{2}{3}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont les sommes de trois puissances quatrièmes.

En premier lieu, le nombre de solutions de (1), (2) avec $x_1 = x_2$, est au plus $P^{1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$, car on sait qu'il n'y a que P^{ε} valeurs de y_1, z_1 pour lesquelles $y_1^4 + z_1^4$ a une valeur donnée. Supposons $x_1 > x_2$, et posons $x_2 = x$, $x_1 = x + t$. L'équation (1) devient

$$(3) \qquad 4tx^3 + 6t^2x^2 + 4t^3x + t^4 + y_1^4 + z_1^4 = y_2^4 + z_2^4.$$

Il est évident que $4tP^3 < 2P^{\frac{10}{3}}$. Or

$$(4) \qquad 0 < t < P^{\frac{1}{3}}.$$

Désignons par $r(t, m)$ le nombre de représentations d'un nombre entier m par le premier membre de (3), et par $r(m)$ le nombre de représentations de m par le second membre. Le nombre de solutions de (3) est

$$\sum_t \sum_m r(t, m)\, r(m) \leq \left\{ \sum_t \sum_m r^2(t, m) \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ \sum_t \sum_m r^2(m) \right\}^{\frac{1}{2}} \leq S^{\frac{1}{2}} \left\{ P^{\frac{1}{3}+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon} \right\}^{\frac{1}{2}},$$

en désignant par S le nombre de solutions de

$$(5) \qquad 4tx_1^3 + 6t^2x_1^2 + 4t^3x_1 + y_1^4 + z_1^4 = 4tx_2^3 + 6t^2x_2^2 + 4t^3x_2 + y_2^4 + z_2^4$$

dans toutes les variables, sous les conditions (2), (4). Or, le nombre de solutions de (5) avec $x_1 = x_2$ est au plus $P^{\frac{1}{3}+1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$. Étant donnés y_1, z_1, y_2, z_2 avec $y_2^4 + z_2^4 - y_1^4 - z_1^4 \neq 0$, (5) ne permet qu'un nombre de valeurs inférieur à P^{ε} pour t, $x_1 - x_2$ (et par conséquent pour x_1, x_2) comme diviseurs de $y_2^4 + z_2^4 - y_1^4 - z_1^4$. Alors, on a

$$S \leq P^{3+\varepsilon} + P^{4\frac{5}{6}+2\varepsilon} \leq P^{\frac{10}{3}+3\varepsilon},$$

et il en résulte que le nombre de solutions de (1), (2) est au plus $P^{\frac{5}{3}+1+3\varepsilon}$.

C. Q. F. D.

On peut appliquer à l'équation (5) un raisonnement analogue à celui que nous avons appliqué à (1). Cette répétition est avantageuse s'il s'agit de plus de trois puissances quatrièmes, ou de puissances $k^{\text{ièmes}}$, $k > 4$.

D'après la méthode indiquée ci-dessus, j'ai démontré que (3) :

---

(3) J'apprends de M. Erdös qu'il a aussi démontré quelques résultats de ce type; en particulier a-t-il obtenu 2°, avec $\frac{83}{110}$ au lieu de $\frac{19}{24}$.

1° Il existe plus de $N^{\frac{13}{15}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 3 cubes positifs;

2° Il existe plus de $N^{\frac{19}{24}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 4 puissances quatrièmes;

3° Il existe plus de $N^{\frac{7}{8}+\frac{1}{728}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 5 puissances quatrièmes.

A l'aide de ces résultats, et de la méthode analytique de Hardy et Littlewood, j'ai démontré que :

1° Presque tous les nombres sont sommes de 4 cubes positifs;

2° Chaque nombre suffisamment grand est la somme de 14 puissances quatrièmes, à moins qu'il ne soit équivalent à 15 ou 16 par rapport au diviseur 16.

Le dernier résultat montre que chaque nombre suffisamment grand est la somme de 16 puissances quatrièmes. On sait qu'il existe une infinité de nombres qui ne sont pas sommes de 15 puissances quatrièmes.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les propriétés de quelques lois indéfiniment divisibles*. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. D'après la définition même de la fonction eulérienne $\Gamma(t)$, la fonction

(1) $$f(x)=\frac{e^{-x}x^{t-1}}{\Gamma(t)} \quad (x>0), \qquad f(x)=0 \quad (x<0)$$

est la densité de probabilité d'une loi L_t. Pour cette loi, le moment d'ordre n est $t(t+1)\ldots(t+n-1)$, l'écart type est $\sqrt{t}$, et la fonction caractéristique est

(2) $$\varphi(z)=(1-iz)^{-t}.$$

La loi L_1 a une propriété curieuse, liée au fait que $\mathcal{R}[1/\varphi(z)]=1$: si X et Y dépendent de cette loi et sont indépendants l'un de l'autre, $|X-Y|$ dépend aussi de la loi L_1; $X-Y$ et $\pm X$ dépendent alors d'une même loi symétrique L^* pour laquelle la densité de probabilité et la fonction caractéristique sont $e^{-|x|}/2$ et $1/1+z^2$; on remarque qu'en intervertissant ces fonctions on obtient, à des facteurs constants près, celles qui caractérisent la loi de Cauchy.

D'après la formule (2), les lois L_t forment un groupe, et sont indéfiniment divisibles. Leur classement dans le groupe des lois indéfiniment divisibles résulte de la formule

$$(3) \qquad \log \varphi(z) = t \int_0^\infty (e^{izu} - 1)\, n(u)\, du \qquad \left[n(u) = \frac{e^{-u}}{u} \right],$$

qui conduit à la conclusion suivante : à chaque rectangle élémentaire $dt\,du$ dans le quart de plan $t > 0$, $u > 0$ faisons correspondre une variable aléatoire égale à u dans des cas de probabilité $n(u)\,dt\,du$ et nulle dans les autres cas, toutes ces variables étant indépendantes; leur somme, u variant de zéro à l'infini et t de zéro à T, est presque sûrement positive et finie; désignons-la par X(T); $X(t)$ est une fonction à accroissements aléatoires indépendants, $X(t+\tau) - X(t)$ $(t \geqq 0, \ \tau > 0)$ dépendant de la loi L_τ. C'est presque sûrement une fonction toujours croissante, quoique ne croissant que par sauts.

Les lois L_t, et celles qui s'en déduisent par un changement d'unité et éventuellement un changement de signe, sont les éléments d'un groupe qui est un sous-groupe important du groupe des lois indéfiniment divisibles. Pour les lois symétriques de ce groupe, on a

$$(4) \qquad \log \Phi(z) = 2 \int_0^\infty (\cos zu - 1)\, N(u)\, du = -\int_0^\infty \log(1 + \lambda^2 z^2)\, dF(\lambda),$$

avec $N(u) > 0$, $dF(\lambda) \geqq 0$ et

$$\int_0^\infty \frac{u^2}{1+u^2} N(u)\, du < \infty, \qquad \int_0^\infty \log(1+\lambda^2)\, dF(\lambda) < \infty.$$

Nous avons déjà indiqué ailleurs le moyen de déterminer $N(u)$ quand on connaît $\Phi(z)$ [1]; le passage de $\Phi(z)$ à $F(\lambda)$ dépend de l'inversion de la relation

$$u\,N(u) = \int_0^\infty e^{-\frac{u}{\lambda}}\, dF(\lambda) = -\int_0^\infty e^{-\mu u}\, dF\left(\frac{1}{\mu}\right).$$

La résolution de l'équation (4) par rapport à $F(\lambda)$ est ainsi ramenée au problème connu de l'inversion de la transformation de Laplace.

2. Désignons maintenant par $X(t)$ la fonction aléatoire de t, nulle pour t négatif, à accroissements aléatoires indépendants, et dépendant,

---

(1) *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, p. 194-197.

pour chaque valeur positive de t, de la loi stable définie par

$$\log \mathfrak{M}\{e^{izX(t)}\} = t\left(-1 + i\beta \operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right)\frac{z^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)} \qquad (z > 0),$$

avec $0 < \alpha \leqq 2$, $|\beta| \leqq 1$. Soit τ_n la plus petite valeur de t pour laquelle on ait

$$X(t) = n \quad [\text{ou } X(t+0) \geqq n];$$

elle existe presque sûrement, sauf si $a < 1$, $\beta = -1$, cas où $X(t) < 0$. Par raison d'homogénéité, τ_n / n^α dépend d'une loi $\mathcal{L}_{\alpha,\beta}$ indépendante de n.

Si $\alpha = 2$, $X(t)$ est presque sûrement continu; τ_n est alors la somme de n termes indépendants $\tau_1, \tau_2 - \tau_1, \ldots, \tau_n - \tau_{n-1}$, qui dépendent de la même loi $\mathcal{L}_2$ que τ_n / n^2. Ce fait, complété par la remarque qu'il s'agit de variables essentiellement positives, permet d'identifier la loi $\mathcal{L}_2$ avec la loi stable pour laquelle $\alpha = 1/2$, $\beta = 1$. Sa densité de probabilité, $f(x)$, jusqu'ici définie seulement comme transformée de Fourier de la fonction caractéristique $\varphi(z)$, se déduit aisément de la définition de τ_1; on a ainsi

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} x^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2x}} \qquad (x > 0),$$

$$\varphi(z) = e^{(-1+i)\sqrt{z}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty x^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2x} + izx}\, dx \qquad (z > 0).$$

Si $\alpha < 2$, les discontinuités de $X(t)$ empêchent l'extension du raisonnement précédent : $\tau_{\nu+1} - \tau_\nu$ dépend en effet d'une loi qui varie avec $X(\tau_\nu + 0)$, expression qui peut être supérieure à ν, et même à $\nu + 1$, et τ_n n'apparaît plus comme la somme de n termes indépendants. Cette difficulté ne disparaît que dans le cas où $1 < \alpha < 2$, $\beta = -1$; dans ce cas $X(t+0) - X(t-0)$ est négatif ou nul et est presque sûrement nul pour $t = \tau_n$. On obtient alors entre la loi stable d'indices α et -1 et celle d'indices $1/\alpha$ et $+1$ une relation identique à celle que nous venons d'indiquer pour $\alpha = 2$.

Nous avons été conduit aux résultats qui précèdent par des considérations sur les discontinuités des processus stochastiques récemment exposées à la Société mathématique de France et qui seront développées dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices continuisées à deux termes et leur application aux équations intégro-différentielles linéaires.* Note de M. P. HEBRONI, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. J'ai introduit ([1]) les matrices continuisées à deux termes et j'ai montré leur applicabilité aux recherches sur les équations intégro-différentielles linéaires ([2]). J'énoncerai ici quelques autres théorèmes sur les matrices mentionnées et je donnerai quelques applications aux équations intégro-différentielles ([3]).

THÉORÈME I. — *Chacune des équations*

$$(a)(b)=(1), \qquad (b)(a)=(1)$$

entraîne l'autre.

La démonstration repose sur l'application répétée du fait que chacune des équations

$$a(s,t)+\int_0^1 a(s,\lambda)\,b(\lambda,t)\,d\lambda+b(s,t)=0,$$

$$b(s,t)+\int_0^1 b(s,\lambda)\,a(\lambda,t)\,d\lambda+a(s,t)=0$$

est entraînée par l'autre.

Du théorème I découle aisément le

THÉORÈME II. — *Si le produit* $(a)(b)(c)\ldots(h)$ *est régulier, alors chacun de ses facteurs est régulier.*

Du théorème II on déduit sans difficulté le

THÉORÈME III. — 1. *Si dans l'équation*

$$\sum_0^\infty{}_i\,(a)_i\,(x)^i=(0)$$

$(a)_0$ *est régulier, alors toutes ses solutions sont régulières.*

2. *L'expression*

$$\sum_0^\infty{}_i\,(a)_i\,(x)^i$$

peut être régulière seulement dans le cas où (x) *est régulier aussi.*

([1]) *Monatshefte für Math. u. Phys.*, 33, 1923, p. 71-112.

([2]) Voir aussi mon Mémoire dans *Compositio Math.*, 5, p. 403-429.

([3]) Les notations sont celles de mon Mémoire cité sous ([1]).

En définissant

$$\sin(x)=\sum_0^\infty{}_n(-1)^n\frac{(x)^{2n+1}}{(2n+1)!},\qquad \cos(x)=\sum_0^\infty{}_n(-1)^n\frac{(x)^{2n}}{(2n)!},$$

on conclut que $\sin(x)$ peut être régulier seulement dans le cas où (x) est régulier aussi, et l'équation $\cos(x)=(0)$ n'a que des racines régulières.

2. Soit donné l'équation intégro-différentielle (4)

(1) $$y'_{00}=\sigma_2(y_{00}\,|\,a).$$

D'après les résultats de mon Mémoire mentionné sous (1), l'équation (1) peut être considérée comme résolue si une solution régulière de

(2) $$(y)'=(y)(a)$$

est obtenue. Une solution de (2) étant connue, on demandera, par conséquent, si elle est régulière. On pourra affirmer ceci si certaines trois déterminantes de Fredholm ne s'annulent pas (1), ce qui sera en général très difficile à constater. Une méthode plus facile est donnée par les théorèmes suivants :

Théorème IV. — *Soit (a) régulier dans un certain domaine D et soit x_0 l'affixe d'un point de D. Soit (y) une solution de (2) dont le développement autour de x_0 est*

(3) $$(y)=\sum_0^\infty{}_n(\eta)_n(x-x_0)^n.$$

Si au moins un coefficient $(\eta)_n$ de cette série est régulier, alors (y) est régulier aussi.

Démonstration. — Soit $(\bar{y})$ une solution fondamentale de (2). Alors (5) on a, pour une certaine matrice (c) qui est constante par rapport à x,

(4) $$(y)=(c)(\bar{y}).$$

Si $(\eta)_n$ est régulier, on peut conclure de (3) et (4)

$$(\eta)_n=\frac{1}{n!}[(y)^{(n)}]_{x0}=(c)\frac{1}{n!}[(\bar{y})^{(n)}]_{x0},$$

et d'après le théorème II que (c) est régulier. $(\bar{y})$ est régulier comme solution fondamentale. Il résulte donc de (4) que (y) est régulier.

Théorème V. — *Si l'on peut déterminer un nombre n et deux matrices* (α),

(4) *Loc. cit.*, (1), paragraphe 3.
(5) *Loc. cit.*, (1), p. 91.

(β) *tels que*

$$|(\alpha)(\eta)_n(\beta) - (1)| < \frac{1}{9} \sum_0^1 {}_{ik}\, 1\, \varepsilon_{ik},$$

alors (y) *est régulier.*

Démonstration. — D'après un théorème démontré dans le Mémoire mentionné sous ([1]) (p. 86), l'expression $(\alpha)(\eta)_n(\beta)$ est régulière. D'après le théorème II $(\eta)_n$ l'est aussi, et, d'après le théorème IV, (y) aussi.

Dans les applications on essaiera premièrement d'arriver au but avec $(\alpha) =$ un nombre ordinaire et $(\beta) = (1)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes hypercomplexes continus et la théorie des multigroupes.* Note de M. J. **Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Les notions d'hypergroupe, de multigroupe, définies par divers auteurs ([1]), ont surtout été considérées jusqu'à présent du point de vue de la théorie des ensembles. Nous voulons montrer ici que les multigroupes se rencontrent naturellement dans la théorie des systèmes hypercomplexes continus.

Un premier exemple fera mieux comprendre ce que nous entendons par là. Soit G un groupe d'éléments s, opérant dans un espace E d'éléments x. Le transformé de x par l'opération s du groupe sera désigné par $s.x$; soit $f(x)$ une fonction définie sur E; la fonction $f(s.x)$ aussi définie sur E sera regardée comme résultant de l'application à $f(x)$ d'un opérateur linéaire fonctionnel dépendant paramétriquement de s et qu'on désignera par A^s; on écrira

$$g(x) = f(s.x) = A^s f = A_x^s[f(\xi)].$$

Il est clair que l'on a

$$A^s A^t = A^{st}. \tag{1}$$

Cette dernière formule conduit à regarder, lorsque G est un groupe continu, l'anneau des opérateurs

$$A = \int A^s d[\alpha(s)] \tag{2}$$

([1]) Sur les multigroupes, voir **Dresher, Melvin** and **O. Ore**, *American Journal of Math.*, 60, 1938, p. 301; sur les hypergroupes, voir **Marty**, *Ann. École Normale*, 3, 1937, p. 53.

comme constituant un système hypercomplexe continu dont la base est précisément formée des opérateurs A^s, avec la loi de multiplication (1).

Plus généralement, s décrivant toujours un continu G, l'anneau des opérateurs A, donnés par (2), sera dit constituer un système hypercomplexe continu :

1° lorsque dans la base A^s il y a un opérateur et un seul se réduisant à l'identité;

2° lorsque cette base A^s admet une loi de multiplication telle que

$$A^s A^t = \mathfrak{A}_{s,t}[A^\sigma],$$

$\mathfrak{A}_{s,t}$ désignant un opérateur d'opérateur, dépendant paramétriquement de s et t. Dans le calcul de $\mathfrak{A}_{s,t}[A^\sigma]$, l'élément σ décrit une variété $V_{s,t}$ dépendant paramétriquement de s et t, réduite à un point dans le cas des groupes, et qu'on peut considérer comme se déduisant des éléments s et t par une loi de multiplication non univoque, mais associative, de sorte que la variété G, munie de cette structure, est un multigroupe.

Exemple. — Les séries de Taylor généralisées ([2]) donnent des exemples simples de systèmes hypercomplexes continus. Reprenant des notations antérieures, soit $\mathfrak{d}$ un opérateur linéaire défini dans un certain champ fonctionnel et admettant pour spectre continu tout le plan complexe

$$\mathfrak{d}_\xi[\varphi_\lambda(\xi)] = \lambda\varphi_\lambda(x),$$

la fonction spectrale $\varphi_\lambda(x)$ étant analytique par rapport à λ et holomorphe au voisinage de l'origine :

$$\varphi_\lambda(x) = f_0(x) + \lambda f_1(x) + \ldots + \lambda^n f_n(x) + \ldots.$$

Nous supposerons de plus que $\varphi_\lambda(s_0) = 1$, identiquement en λ, pour un élément s_0 et un seul. Soit, par ailleurs, X un opérateur linéaire fonctionnel; introduisons les opérateurs linéaires

$$A^s = f_0(s)\,E + f_1(s)\,\mathfrak{d} + \ldots + f_n(s)\,\mathfrak{d}^{(n)} + \ldots;$$
$$X^s = f_0(s)\,E + f_1(s)\,X + \ldots + f_n(s)\,X^n + \ldots,$$

qui dépendent paramétriquement de s; les opérateurs A^s forment la base d'un système hypercomplexe continu; il en est de même des opérateurs X^s et l'on a

$$A^s A^t = A_s^t[A^\sigma], \qquad X^s X^t = A_s^t[X^\sigma].$$

([2]) Voir à ce sujet une Note de l'auteur, *Journ. de Math.*, **17**, 1938, p. 213.

De plus, si l'on pose

$$g(s, t) = A_t^s[f(\tau)], \qquad h(s, x) = X_x^s[f(\xi)],$$

ces fonctions satisfont aux équations

$$\mathfrak{d}_s[g(\sigma, t)] = \mathfrak{d}_t[g(s, \tau)], \qquad \mathfrak{d}_s[h(\sigma, x)] = X_x[h(s, \xi)].$$

Revenant au cas général, supposons que G soit une variété topologique à r dimensions. Supposons, de plus, que la fonction

$$g(s, x) = A_x^s[f(\xi)]$$

soit suffisamment différentiable relativement aux variables s et x, et qu'enfin la variété de composition V_{st} soit un voisinage de s quant t est suffisamment voisin de l'élément i de G correspondant à l'identité, et de même aussi un voisinage de t, quand s est suffisamment voisin de i ; on peut alors énoncer le théorème suivant qui généralise manifestement le premier théorème de Lie :

La fonction $g(s, x)$ satisfait à un système de r équations fonctionnelles, à variables séparées, de la forme

(3) $$S_\alpha g = X_\alpha g \qquad (\alpha = 1, 2, \ldots, r),$$

où les S_α sont des opérateurs linéaires différentiels, en général d'ordre infini, ne jouant que sur les variables s (c'est-à-dire ne contenant que des dérivées par rapport aux s, les coefficients ne dépendant que des s), tandis que les X_α sont des opérateurs linéaires fonctionnels ne jouant que sur les variables x. Lorsque les opérateurs S_α sont du premier ordre, le multigroupe se réduit à un groupe.

Inversement, si l'on admet, pour un système de la forme (3), l'existence d'une solution dépendant d'une fonction arbitraire des x, on peut montrer *formellement*, tout au moins en se bornant au cas où les S_α sont d'ordre fini, que les opérateurs linéaires donnant l'expression de cette solution au moyen de la fonction arbitraire, constituent la base d'un système hypercomplexe continu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctionnelles partiellement additives dans les espaces semi-ordonnés.* Note [1] de MM. **Leonidas Kantorovitch** et **Aaron Pinsker**.

Les K-espaces introduits les dernières années [2] dans l'analyse fonctionnelle ont permis de définir les nouvelles classes des opérations et des fonctionnelles linéaires et non-linéaires.

Dans cette Note nous indiquons les formes générales des fonctionnelles partiellement additives et continues dans les K-espaces avec *unité* [2], [3].

Nous appelons la fonctionnelle $F(x)$ partiellement additive, si la relation

$$\mathcal{F}(x+y)=\mathcal{F}(x)+\mathcal{F}(y)$$

est remplie pour chaque couple d'éléments x et y, pour lesquels

$$\inf(|x|, |y|)=0.$$

Soit Φe la fonction additive et bornée [4] définie dans l'ensemble $\mathcal{E}=\{e\}$ des *éléments unitaires* appartenant à un certain K-espace avec *unité* R.

L'ensemble $\oint=\{\Phi\}$ de toutes ces fonctions représente le K-espace complet et normé dans lequel $\Phi>0$ signifie $\Phi e\geqq 0$, Φe n'est pas identiquement égal à zéro et

$$\|\Phi\|=|\Phi|1=\sup_{e\in\mathcal{E}}|\Phi e-\Phi(1-e)|.$$

Considérons l'ensemble R_b des éléments *bornés*, c'est-à-dire les éléments pour lesquels existe la constante λ telle que $|x|\leqq\lambda.1$.

Soit λ_0 la plus petite λ satisfaisant à cette inégalité, posons $\|x\|=\lambda_0$.

Convenons d'appeler la fonction abstraite $\Phi(\mu)=\Phi(\mu).e$ définie dans l'intervalle $(\alpha\leqq\mu\leqq\beta)$, dont le contredomaine est situé dans l'espace $\oint$ uniformément continue dans cet intervalle, si, quel que soit $\varepsilon>0$, il existe δ

---

[1] Séance du 3 octobre 1938.

[2] Voir, par exemple, L. Kantorovitch, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 813-816; et p. 1251-1253 et *Rec. Math.*, 2, 1937, p. 121-168.

[3] Les espaces avec *unité* sont introduits par M. H. Freudenthal. Voir *Proceedings*, 39, n° 5, 1936, Amsterdam, p. 641-651.

[4] C'est-à-dire $\Phi(e_1+e_2)=\Phi.e_1+\Phi.e_2$, si $\inf(e_1, e_2)=0$ et $|\Phi.e|\leqq K$.

tel que l'inégalité

$$|\mu' - \mu''| < \delta \qquad (\alpha \leqq \mu',\ \mu'' \leqq \beta)$$

implique

$$|\Phi(\mu') - \Phi(\mu'')| \leqq \varepsilon . \Phi^{(0)},$$

où $\Phi^{(0)} \in \oint$ ne dépend que du choix des nombres α et β.

Le théorème fondamental suivant a lieu :

THÉORÈME 1. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* R_b *est donnée par la formule*

$$(\star) \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{F}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma)\, de_\gamma = \lim\limits_{\upsilon \to 0} \sum\limits_{i=-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma_{i+1})(e_{\gamma_{i+1}} - e_{\gamma_i}) \qquad (\gamma_{i+1} - \gamma_i < \delta), \\ x = \int \gamma\, de_\gamma(x), \end{array} \right.$$

où $\Phi(\mu)$ est une fonction abstraite dont le contredomaine est situé dans l'espace $\oint$ satisfaisant aux conditions suivantes :

a. $\Phi(\mu)$ est uniformément continue dans chaque intervalle fini;

b. $\Phi(0) = 0$.

L'ensemble des éléments $x \in R_b$ peut être considéré comme K-espace. Dans ce cas nous le désignerons par $\overline{R}_b$. La relation $x_n \to x$ dans $\overline{R}_b$ est équivalent : $x_n \to x$ dans R et $|x_n| \leqq \lambda . 1$, où λ est constante.

THÉORÈME 2. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* $\overline{R}_b$ *est donnée par la formule* $(\star)$, *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ *et* $\Phi^{(0)}.e$ *sont absolument additives et satisfont aux conditions a et b du théorème* 1.

Introduisons le K-espace R_c formé de tous les éléments x admettant la représentation

$$x = \int_{-\infty}^{\infty} \gamma\, de_\gamma.$$

Il est évident que $R \subset R_c$. Soit $e^\star \in \mathcal{E}$ est un élément ayant la propriété : si $e' < e^\star$, $e' \in \mathcal{E}$, alors $e' = 0$ et soit $E^\star = \sum_{i=1}^{n} e_i^\star$. Posons

$$\Phi^\star(\mu) = \Phi^\star(\mu).e = \Phi(\mu).\{\inf[e,\ 1 - E^\star]\}.$$

THÉORÈME 3. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive est continue dans* R_c *est donnée par la formule* $(\star)$, *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ *et* $\Phi^{(0)}.e$ *satisfont aux conditions du théorème* 2 *et à la condition complémentaire :*

c. Il existe l'ensemble $E^* = \sum_{i=1}^{n} e_i^*$ tel que

$$\sup_{-\infty<\mu<\infty} \{|\Phi^*(\mu)|\} < +\infty.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le réseau* [R.V.] *des fonctions entières autour du point singulier essentiel.* Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(z)$ la fonction déduite d'une fonction entière en ramenant le point essentiel en A, à distance finie.

Faisceaux f_k de courbes R ([1]). — Soit $\overrightarrow{ik}$ un segment de courbe V_a sans point j, $R_k > R_i$. Supposons que les courbes R déterminées par $\overrightarrow{ik}$ se ferment toutes en A; et enlevons du faisceau $\overrightarrow{ik}$ toutes les courbes R qui passent par un point j ou qui ont des cassures en A. Le faisceau $\overrightarrow{ik}$ est divisé en faisceaux f_k, sans points j et sans cassures en A.

Un tel faisceau f_k, peut-il se réduire à une seule courbe R ? La réponse est négative. Appelons R_{jA} une courbe R qui présente une cassure en A. Tout faisceau f_k est limité à gauche par un parcours positif à droite R_j ou R_{jA} et à droite par un parcours positif à gauche. Si le faisceau f_k se réduisait à une seule courbe R, un parcours positif à droite coïnciderait avec un parcours positif à gauche, ce qui n'est pas possible.

Faisceaux $f_{[V,\infty]}$. — Appelons faisceaux $f_{[V,\infty]}$, les faisceaux f_k de courbes V déterminés par un élément $\overrightarrow{ik}$ de courbe R sans point j qui délimitent un domaine sans point j et sans cassures en A dans lequel toutes les courbes V arrivent en A avec $R = \infty$.

Nous voulons montrer que le parcours à gauche V_i, de même que le parcours à droite V_k qui délimitent $f_{[V,\infty]}$ à droite et à gauche, ne peuvent pas passer par une infinité de points j.

Supposons $V_i = 0$, et faisons l'application du domaine $[ikA]$ du faisceau $f_{[V,\infty]}$ sur un domaine [OBCO], $\overrightarrow{OB}$ étant une portion de l'axe réel positif, le point i en O, le point A en B et le point k quelque part sur [BCO]. Dans le domaine [OBCO], la fonction transformée de $f(z)$ est

([1]) Pour les notations voir *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 891 et 961.

réelle sur l'axe réel $\overrightarrow{OB}$; le prolongement analytique de cette transformée $f_1(z)$ se fait dans $[OBC_1O]$ symétrique par rapport à $\overrightarrow{Ox}$ de $[OBCO]$, par application du principe de symétrie de Schwarz.

Soit $\varphi(z)$ la fonction appliquant $[ikA]$ sur $[OBCO]$, et $\varphi_1(z)$ la fonction inverse. Désignons par $d_1, d_2, \ldots, d_n, \ldots,$ les domaines que les prolongements analytiques de $\varphi_1(z)$ dans $[OBC_1O]$ font correspondre à $[OBC_1O]$. Ces domaines dans le plan $[ikA]$ tendent vers A, comme point limite. Dans $[OBCO]$, $\varphi_1(z)$ donne un point image qui couvre $[ikA]$, tandis que son prolongement analytique ou l'un de ses prolongements analytiques garde une valeur constante A dans toute l'aire $[OBC_1O]$, ce qui est impossible.

Sur un parcours positif V, conduisant en A avec $R = \infty$, on ne peut donc pas trouver une infinité de points j. Cette propriété fondamentale des parcours positifs V permet de démontrer le fait que tout faisceau $f_{[V,\infty]}$ fait partie d'un faisceau $F_{[V,\infty]}$, dans lequel toutes les courbes V conduisent en A avec $R = \infty$, et sur lequel la courbe V qui coïncide avec V_α pour $V = \alpha$, tourne autour de A dans le sens positif quand V décroît d'une infinité de fois 2π, et dans le sens négatif quand V croît d'une infinité de fois 2π.

Théorème I. — *Toute branche de courbe V_a qui, dans le sens positif, conduit en A avec $R = \infty$, fait partie d'un faisceau V de sommet A, $F_{[V,\infty]}$, dans lequel V varie d'une infinité de fois 2π en tournant autour de A dans le sens négatif.*

Faisceaux $f_{[V,0]}$. — Les faisceaux $f_{[V,0]}$ sont les faisceaux f_k de courbes V, déterminés par une courbe V conduisant en A dans le sens négatif avec $R = 0$.

Pour les mêmes raisons que précédemment les parcours négatifs limites d'un faisceau $f_{[V,0]}$ ne passent pas par une infinité de points j.

Théorème II. — *Toute branche de V_a qui conduit en A avec $R = 0$, dans le sens négatif, fait partie d'un faisceau $F_{[V,0]}$ de sommet A, dans lequel V varie d'une infinité de fois 2π en tournant autour de A dans le sens positif.*

Faisceaux $F_{[V_a,R_h]}$. — Les faisceaux $F_{[V_a,R_h]}$ sont les faisceaux de courbes V_a, qui conduisent en A dans le sens négatif avec $R = R_h$. De tels faisceaux sont dénombrables; ce sont les courbes V_a du faisceau $F_{[V,0]}$ de la fonction $f(z) - R_h e^{iV_a}$. Ces courbes, en infinité dénombrable, forment en A des angles curvilignes de sommet A, dans lesquels tout chemin conduit en A avec $\lim\limits_{z=A} f(z) = R_h e^{iV_a}$.

Théorème III. — *Toute courbe V_a, qui dans le sens négatif conduit en A*

avec $R = R_h$, *fait partie d'un faisceau* $F_{[V_a, R_h]}$, *comprenant une infinité dénombrable de courbes* V_a, *formant en* A *des angles curvilignes de sommet* A, *dans lesquels tout chemin conduit en* A *avec la valeur asymptotique finie* $R_h e^{iV_a}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Rotations barotropes en seconde approximation dans un astre fluide stratifié en couches ellipsoïdales.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que des rotations permanentes *barotropes* [2] sont impossibles, *en toute rigueur*, dans un astre fluide stratifié en couches ellipsoïdales [3]. Mais on ne peut rien dire, *a priori*, sur l'existence de rotations barotropes dans des masses stratifiées en couches ellipsoïdales, *en seconde approximation* [4]. Nous nous proposons d'élucider cette question, jusqu'ici restée dans l'ombre.

Dans un plan méridien, il est commode de définir un point par le demi-petit axe β de l'ellipse (β), à densité constante ρ, sur laquelle il se trouve, et par le carré x^2 de sa distance à l'axe de rotation Oz. Z désignant la composante de l'attraction parallèle à cet axe; f, la constante de la gravitation universelle, nous avons montré que la condition nécessaire et suffisante de barotropie était que la fonction $N \equiv -Z/4\pi f z$ soit de la forme

$$\frac{N_0}{1+\mu x^2}, \tag{1}$$

où $\mu = (1+\tau^2)^{-2}(d\tau^2\, d\beta^2)$ caractérise la variation de l'*aplatissement* $\tau(\beta)$, rapport du demi-axe focal γ au demi-petit axe β, et ne dépend, comme N_0, que de β [5]. Or nous avons établi, d'autre part, que, dans le cas d'une stratification ellipsoïdale, $N(\beta, x^2)$ était une fonction analytique en x^2, de sorte que la condition précédente est, *en toute rigueur*, équivalente au

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) Les mouvements d'un fluide hétérogène sont dits *barotropes* lorsque ses surfaces d'égale densité et ses surfaces d'égale pression coïncident; la densité est alors une fonction univoque $\rho = f(p)$ de la pression.

(3) Cf. P. Dive, *Rotations internes des astres fluides*, p. 70, Paris, 1930; R. Wavre, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 462.

(4) Une relation est dite de *seconde approximation* lorsque, dans son développement, on néglige les termes dont l'ordre surpasse celui de la quatrième puissance de l'ellipticité maxima des surfaces d'égale densité, assimilée à une quantité infiniment petite.

(5) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 99.

système

(2) $$\mu \frac{\partial^{(p-1)} N}{(\partial x^2)_0^{(p-1)}} + \frac{1}{p} \frac{\partial^p N}{(\partial x^2)_0^p} = 0 \qquad (p = 1, 2, \ldots, \infty) \quad [6].$$

Pour l'étude que nous faisons, concernant la seconde approximation, il suffit de donner à p les valeurs 1 et 2, car les coefficients des puissances de x supérieures à 4 sont, en effet, tous d'un ordre infinitésimal supérieur à celui de τ^4.

Soit K la borne supérieure de l'ensemble des valeurs de l'aplatissement, dont la loi sera donnée par la fonction $\theta(\beta)$ telle que $\tau^2(\beta) = K^2\theta(\beta)$. Si, dans les équations (2), on ne conservait que les termes en K^2, on se trouverait dans le cas de la première approximation; on pourrait se donner arbitrairement l'une des fonctions $\theta(\beta)$ et $\rho(\beta)$, l'autre serait déterminée par la célèbre équation de Clairaut. Supposons le problème résolu, en seconde approximation, par une loi des aplatissements $\tau(\beta)$ à laquelle correspondrait, en première approximation, par l'équation de Clairaut, la loi des densités $\rho_0(\beta)$. Pour satisfaire aux équations de la seconde approximation nous sommes conduit à poser : $\rho(\beta) = \rho_0(\beta) + \Sigma K^{2p}\rho_p(\beta)$, où il suffira, d'ailleurs, de faire $p = 1$. En explicitant les équations de condition (2), et en égalant à 0 les coefficients de K^2 et K^4, on obtient le système de trois équations intégro-différentielles, à trois fonctions inconnues $\rho_0(\beta)$, $\rho_1(\beta)$, $\theta(\beta)$:

(A) $$\theta'(\beta)\left[\rho_0(\beta) - \int_0^1 t^3\rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt\right] + 3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0,$$

(B) $$\theta'(\beta)\Big\{\rho_1(\beta) - \int_0^1 t^3\rho'_1(t\beta)\,\beta\,dt + \frac{2}{5}\left[\rho_0(\beta_e)\,\theta(\beta_e) - \int_\beta^{\beta_e}\theta(\beta)\,\rho'_0(\beta)\,d\beta\right]$$
$$-3\int_0^1 t^3\left(\frac{1}{3} - \frac{t^2}{5}\right)\theta(t\beta)\,\rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt - 2\theta(\beta)\left[\rho_0(\beta) - \int_0^1 t^3\rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt\right]\Big\}$$
$$+3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_1(t\beta)\,dt$$
$$-3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2][\theta(\beta) - \theta(t\beta) + 2\theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0,$$

(C) $$2\beta\,\theta'(\beta)\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt$$
$$+\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2][9\theta(t\beta)\,t^2 - 5\theta(\beta)]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0 \quad [7].$$

---

[6] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 987.

[7] L'indice e indique une valeur prise sur la surface extérieure (β_e), pour $\beta = \beta_e$.

Ce système, dont la résolution se ramène à des quadratures, comporte une double infinité de *solutions analytiques* pour les fonctions $\tau(\beta)$ et $\rho_0(\beta)$ et une quadruple pour $\rho_1(\beta)$. Nous avons ainsi introduit dans la théorie des astres fluides une notion nouvelle : celle d'*ellipsoïde hétérogène barotrope en seconde approximation* [8].

L'analyse du système précédent nous a, en outre, permis de faire les remarques importantes suivantes :

1° *l'aplatissement d'aucune couche ne peut être nul; au centre, en particulier,* $\tau(0) > 0$;

2° *la dérivée* $\rho'_0(\beta)$ *est nulle au centre :* $\rho'_0(0) = 0$;

3° *la dérivée* $\tau'(\beta)$ *de l'aplatissement est nulle au centre :* $\tau'(0) = 0$;

4° *le paramètre de condensation de Radau* $\tau_1 = \beta.(\theta'/\theta)$ *est nécessairement* $< 5/2$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Les points singuliers dans le problème restreint des trois corps.* Note de M. **D. Belorizky**, présentée par M. Ernest **Esclangon**.

1. Considérons les deux corps P_1 et P_2 décrivant dans un plan des orbites circulaires autour de leur centre de gravité et le corps P de masse négligeable qui se meut dans le même plan. En choisissant convenablement les unités, en prenant des axes entraînés avec les corps P_1 et P_2 de telle façon que l'axe des x passe par P_1 et P_2, et en prenant pour origine le centre de gravité de P_1 et de P_2, les équations du mouvement de P s'écrivent

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} - 2\dfrac{dy}{dt} = x - (1-\mu)\dfrac{x-x_1}{r_1^3} - \mu\dfrac{x-x_2}{r_2^3}, \\ \dfrac{d^2y}{dt^2} + 2\dfrac{dx}{dt} = y - (1-\mu)\dfrac{y}{r_1^3} - \mu\dfrac{y}{r_2^3}, \end{cases}$$

---

[8] Nous nous trouvons en contradiction, d'une part, avec la thèse de M. Véronnet (*Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre*), qui postule l'existence de rotations barotropes, en *toute rigueur*, et en seconde approximation, dans des stratifications ellipsoïdales *quelconques*, et, d'autre part, avec le fascicule II du tome 4 de *Traité de Mécanique rationnelle* de Paul Appell, où l'auteur, M. Véronnet encore, affirme avoir démontré l'impossibilité des rotations barotropes dans des stratifications *rigoureusement* ellipsoïdales, à partir d'une formule de *seconde approximation* (p. 207 et 208). La démonstration de M. Véronnet comporte en effet plusieurs erreurs : il est inexact, par exemple, que le premier membre de (50') (§ 156, p. 208) soit un zéro d'ordre 3.

x_1 et x_2 étant les abscisses des corps P_1 et P_2 dont les masses sont respectivement $1-\mu$, $\mu(\mu < 1/2)$; $r_1^2=(x-x_1)^2+y^2$; $r_2^2=(x-x_2)^2+y^2$. Avec les unités choisies on a $x_2-x_1=1$.

Nous avons étudié [1] les chocs réels en appliquant la transformation de contact de M. Levi-Civita. La même transformation permet d'étudier les chocs binaires imaginaires. Dans ce qui suit nous étudions le cas où $r_1=r_2=0$. Dans le problème général des trois corps, comme l'a montré M. Uno [2], il existe des points singuliers où les deux distances s'annulent, la troisième restant finie. Mais il est facile de voir que, dans le problème plan des 3 corps (8 degrés de liberté), de tels points n'existent pas, car, si les deux distances s'annulent, la troisième s'annule aussi même dans le plan complexe.

2. Si $r_1=r_2=0$, $x=(x_1+x_2)/2=a$, $y=\pm i/2\,(i=\sqrt{-1})$. Posons $x=x'+a$, $y=y'+i/2$ et prenons comme nouvelles variables $u=x'+iy'$, $w=-x'+iy'$, $T=it$.

Alors les équations (1) se transforment en

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2u}{dT^2}+2\dfrac{du}{dT}=-u-a+\dfrac{1}{2}-\dfrac{1-\mu}{\sqrt{u}\sqrt{(1-w)^3}}-\dfrac{\mu}{\sqrt{w^3}\sqrt{1-u}}, \\ \dfrac{d^2w}{dT^2}-2\dfrac{dw}{dT}=-w+a+\dfrac{1}{2}-\dfrac{1-\mu}{\sqrt{u^3}\sqrt{1-w}}-\dfrac{\mu}{\sqrt{w}\sqrt{(1-u)^3}}, \end{cases}$$

et l'intégrale de Jacobi s'écrit

$$(3)\quad \frac{du}{dT}\frac{dw}{dT}=-uw+\left(-a+\frac{1}{2}\right)w+\left(a+\frac{1}{2}\right)u-\frac{2(1-\mu)}{\sqrt{u}\sqrt{1-w}}-\frac{2\mu}{\sqrt{1-u}\sqrt{w}}+C.$$

Remarquons que tous les coefficients des équations (2) et (3) sont réels. Nous démontrons qu'au voisinage des points $u=w=0$, u et w sont développables suivant les puissances de $(T-T_0)^{\frac{1}{5}}$, et ces développements dépendent d'une seule constante arbitraire en dehors de T_0. Ces développements sont convergents pour $T-T_0$ assez petit. Ainsi ces intégrales dépendent de 2 constantes de moins que l'intégrale générale.

Si l'on revient aux variables x, y, t, on a, au voisinage du point $x=a$, $y=+i/2$,

$$x=a+a_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}}+a_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}}+a_4(t-t_0)^{\frac{8}{5}}+a_5(t-t_0)^{\frac{9}{5}}+\ldots,$$

$$y=\frac{i}{2}+b_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}}+b_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}}+\ldots$$

(b_2 étant une constante arbitraire).

---

[1] D. Belorizky, *Thèse*, Gauthier-Villars, 1933, p. 45.

[2] T. Uno, *Annali di Matematica*, 14, 1936, p. 122.

Si $1-\mu=\mu=1/2$, c'est-à-dire si P_1 et P_2 ont la même masse, on a

$$x=a_3(t-t_0)^{\frac{3}{5}}+\ldots,$$
$$y=\frac{i}{2}+b_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}}+b_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}}+\ldots;$$

Tout ceci s'applique au point $x=a$, $y=-(i/2)$, qui correspond au point $w=1$, $u=1$. Ainsi les deux points $x=a$, $y=\pm(i/2)$ sont des points critiques algébriques d'ordre 4.

3. Les équations (2) et (3) cessent d'être holomorphes dans le plan de uw pour 8 points : 1° $u=0$, $w=0$; 2° $u=1$, $w=1$; 3° $u=0$, $w=1$; 4° $u=1$, $w=0$; 5° $u=0$, $w=\text{const.}$; 6° $u=1$, $w=\text{const.}$; 7° $w=0$, $u=\text{const.}$; 8° $w=1$, $u=\text{const.}$ Les points 3° et 4° correspondent aux chocs réels : au voisinage de ces points les coordonnées sont développables suivant les puissances de $(t-t_0)^{1/3}$. Les 4 autres points correspondent aux chocs simples imaginaires. Au voisinage de ces points les coordonnées sont développables suivant les puissances de $(t-t_0)^{1/2}$.

En tout autre point à distance finie dans les plans complexes de u et de w les équations différentielles (2) sont holomorphes et admettent par conséquent des intégrales holomorphes en $(t-t_0)$. Ainsi nous arrivons au résultat suivant : *Dans le problème restreint des trois corps il n'y a pas d'autres singularités, à distance finie, que des points critiques algébriques.*

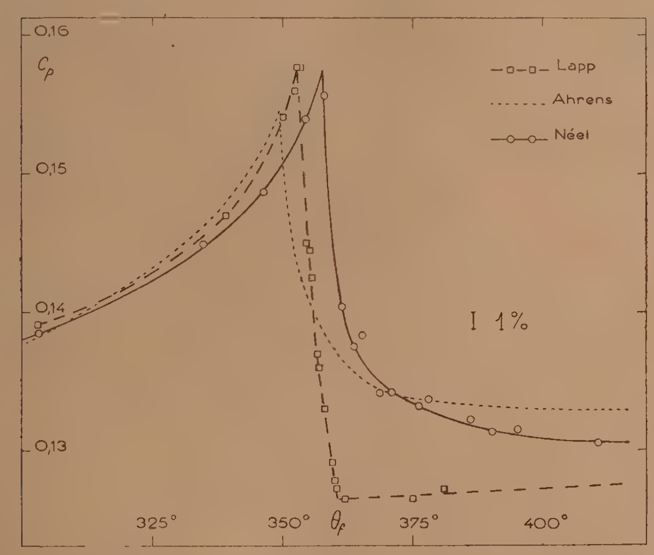
CHALEURS SPÉCIFIQUES. — *Application au nickel d'une nouvelle méthode de mesure des chaleurs spécifiques vraies.* Note de M. **Louis Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les déterminations récentes de la chaleur spécifique vraie du nickel concordent jusqu'au point de Curie, mais, au delà, divergent notablement. Pour trancher ce désaccord, j'ai mis au point une méthode électrique qui permet d'étudier un *culot massif* très pur (99,91 pour 100).

Le nickel à étudier, un cylindre de 100^g environ, est placé, dans le vide, à l'intérieur d'un thermostat à la température où l'on veut mesurer la chaleur spécifique. On mesure, avec un couple thermoélectrique, l'élévation de température qui correspond à la quantité de chaleur communiquée au cylindre par une résistance électrique placée à son intérieur et dans laquelle on envoie un courant pendant un court instant. La principale difficulté est la détermination précise des pertes de chaleur entre le chauffage et l'instant où, la température étant devenue uniforme, on mesure son élévation. L'originalité de la méthode consiste à entourer de toutes parts le cylindre par une

enceinte isolée, de capacité calorifique connue, dont on mesure aussi l'élévation de température; on a ainsi directement la chaleur perdue par le cylindre tandis que la chaleur perdue par l'enceinte n'intervient qu'au second ordre.

t.	c.	t.	c.	t.	c.
o		o		o	
390,2	0,1313	91,7	0,1129	18,2	0,1060
376,1	0,1332	156,4	0,1202	410,6	0,1305
368,6	0,1341	225,4	0,1289	425,8	0,1305
363,6	0,1375	303,2	0,1385	14,1	0,1052
358,0	0,1556	361,3	0,1404	19,7	0,1057
354,3	0,1539	365,2	0,1383	35,0	0,1074
346,3	0,1487	371,1	0,1342	456,8	0,1297
334,7	0,1449	378,1	0,1337	457,2	0,1301
262,3	0,1314	211,6	0,1268	487,7	0,1303
192,2	0,1238	386,5	0,1322	540,1	0,1307
120,8	0,1154	395,2	0,1315		
60,9	0,1096	13,9	0,1057		



Avec un couple homogène, la précision est de 2 à 3 millièmes, jusqu'à 500° C. Ici, elle était un peu moindre, car j'ai utilisé des couples très sensibles et médiocrement homogènes qui permettaient de petites élévations de température (deux degrés). Le tableau et la figure donnent les chaleurs spécifiques mesurées, à pression constante, comparées aux résultats de Lapp [1]

---

[1] *Ann. de Physique*, **12**, 1929, p. 442.

et d'Ahrens [2]. L'abaissement brusque de la chaleur spécifique débute à 357°,5 ± 1°, tandis que le point de Curie du même nickel a été trouvé [3] égal à 357°,9. Il y a *étalement* de la chaleur spécifique au-dessus du point de Curie, les résultats d'Ahrens sont confirmés. Le point de Curie le plus bas qu'il trouve (351°) provient des impuretés de son échantillon (0,6 pour 100).

ÉLECTRONIQUE. — *Température des électrons* T_e *dans une décharge à colonne positive en courant alternatif* (50 ∼). *Méthode expérimentale.* Note [1] de MM. **W. Uytterhoeven** et **C. Verburg**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Dans une décharge à colonne positive en courant alternatif, la température des électrons T_e $\left[(3kT_e)/2=(m_e\overline{v_e^2})/2=eV_e\right]$ doit varier d'une façon périodique avec les variables de la décharge : la tension aux bornes v_l et le courant i_l. Nous avons développé une méthode qui permet la détermination de T_e à chaque instant de la phase. Nous la décrirons brièvement, ainsi que quelques résultats qu'elle a permis d'obtenir.

La méthode des sondes électriques d'après Langmuir et Mott-Smith [2], utilisée par eux dans l'étude des décharges à courant continu, peut s'appliquer, moyennant certains changements, aux décharges en courant alternatif. La sonde S (voir la figure) est connectée, après intercalation d'une résistance réglable R, à l'une des électrodes E_1, par exemple, et l'on peut lui appliquer un potentiel quelconque par rapport à celle-ci au moyen d'une batterie B. Le potentiel doit être corrigé de la chute de tension dans la résistance R se trouvant entre l'électrode E_1 et la sonde S.

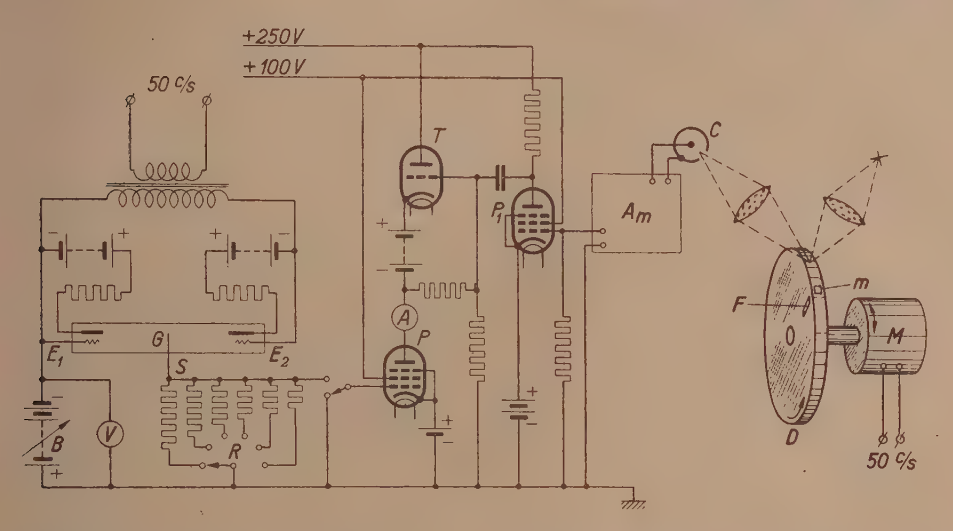
Dans le circuit $SRBE_1$ circule un courant de sonde i_s variable, dépendant de la différence de potentiel entre sonde S et espace G environnant, ainsi que du degré d'ionisation du gaz, fonction du courant i_l. Si l'on mesure dans les périodes successives, pendant une très petite fraction de celles-ci, chaque fois pour le même angle de phase, on élimine les variations périodiques alternatives du degré d'ionisation (c'est-à-dire de i_l) et de la différence de potentiel entre E_1 et G (c'est-à-dire de v_l). Il suffit maintenant de varier la tension de B pour obtenir une caractéristique de sonde normale $i_s=f(V_s)$ pour un angle de phase déterminé.

---

(2) *Ann. der Physik*, 21, 1934, p. 169.
(3) Néel, *J. de Physique et Radium*, 6, 1935, p. 27.

(1) Séance du 12 décembre 1938.
(2) *Gen. El. Rev.*, 27, 1924, p. 449 et suiv.

La mesure du courant de sonde i_s se fait par la chute de tension qu'il produit dans la résistance R, qui sert de tension de grille pour une lampe amplificatrice P (penthode). La tension d'anode de cette dernière n'est appliquée que pendant une fraction d'environ 1 pour 100 de la durée d'une demi-période, exactement pendant $1,1.10^{-4}$ sec. L'ouverture et la fermeture du circuit d'anode se fait par une triode T, qui se trouve en série avec la penthode et dont la tension de grille est commandée par le courant



d'une cellule photoélectrique C. A cet effet le courant de la cellule est amplifié par un amplificateur A_m et une penthode P_1.

Le réglage du moment choisi pour la mesure du courant de sonde se fait de la façon suivante : Devant l'endroit du tube où se trouve la sonde est placé un disque D présentant près du bord une fente radiale F, le disque étant monté sur l'axe d'un moteur M synchrone, à 3000 tours, branché sur le même secteur que le tube à décharge employé. Quand le disque est en rotation, on peut observer à travers la fente l'endroit de la décharge dans le voisinage de la sonde pour le même angle de phase des périodes successives. En tournant la cage du moteur relativement au disque, on peut varier l'angle de phase. Le disque porte sur sa circonférence un petit miroir *m*. Lorsque le miroir se trouve, lors de la rotation, dans une certaine position, un faisceau lumineux intense et étroit est réfléchi de façon à tomber dans la cellule photoélectrique C. Il s'y produit des impulsions de courant, transmises sous forme d'impulsions de tension à la grille de la triode T, qui laisse passer pendant ce temps très court le

courant d'anode de la penthode P. Ce courant, mesuré au moyen du microampèremètre A, permet, après étalonnage, la détermination du courant de sonde i_s.

ÉLECTROCHIMIE. — *Confrontations argent-platine dans les iodures aqueux et électrostatique du contact* $Ag — I^-$. Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, transmise par M. Jean Perrin.

Dans l'étude des piles simples, résultant de la confrontation de deux métaux donnés en milieu électrolytique, un intérêt spécial s'attache aux bains dont le comportement s'écarte franchement de celui de l'eau pure, toutes actions chimiques étant pratiquement écartées. Les solutions d'iodure de potassium ayant été reconnues donner lieu à des effets d'exaltation marquée de f. e. m. du point de vue de la confrontation argent-platine [2], il convenait d'appliquer les mêmes observations à d'autres iodures aqueux. Les présentes expériences ont conduit à chercher l'origine des phénomènes observés dans le contact $Ag — I^-$, contact qui engage, on le remarquera, deux éléments relativement riches en électrons extranucléaires, situés aux extrémités d'une demi-grande période de la classification périodique.

Le contrôle à l'électromètre de la confrontation argent-platine dans divers iodures a dégagé le résultat curieux d'une proximité étroite des f. e. m. concernant les iodures alcalins et alcalino-terreux à saturation. Tant pour les cathions monovalents Li^+, Na^+, K^+ et Am^+ que pour les cathions bivalents Ca^{++}, Sr^{++} et Ba^{++}, la confrontation Ag — Pt fournit une force électromotrice de l'ordre de 3/4 de volt. Les cathions bivalents Zn^{++} et Cd^{++} fournissent, également à la saturation, des valeurs nettement inférieures, assez voisines entre elles. Les chiffres expérimentaux ont été groupés dans le tableau ci-dessous.

Soluté à saturation.......	ILi.	INa.	IK.	IAm.	I^2Ca.	I^2Sr.	I^2Ba.	I^2Zn.	I^2Cd.
F. e. m. (en volts) pour la confrontation argent-platine..............	0,73	0,75	0,73	0,75	0,74	0,74	0,74	0,66	0,63

Pour les iodures alcalins et alcalino-terreux à saturation, l'analogie

---

[1] Séance du 5 décembre 1938.

[2] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1623.

approximative des résultats (que n'affecte même pas l'inégalité de valence des deux espèces de cathions) est interprétable par une certaine ressemblance dans la structure des solutions, dans le cadre de conceptions actuellement envisagées par des expérimentateurs, tels que Kendall (³), Stewart (⁴), Danilow et Neumark (⁵). L'électrostatique des unes et des autres de ces solutions serait conditionnée dans une mesure voisine par la constitution électronique de l'anion I^-, d'intervention prédominante à l'égard de celle du cathion associé. Dans les iodures de zinc et de cadmium, la contribution électrostatique des cathions, plus importante que dans les iodures précédents, s'exercerait en sens contraire de celle des anions I^-, et dans les deux cas avec une parenté d'effets à rapprocher de toutes celles déjà connues des chimies du zinc et du cadmium.

L'interprétation est encore susceptible d'être prolongée aux solubilités, grandeurs en connexion évidente avec les f. e. m. de saturation ici mesurées. Notamment, et en dépit de leur inégalité effective, les solubilités des iodures alcalins et alcalino-terreux seraient à présumer, à leur tour, régies les unes et les autres dans une mesure approximativement commune par la constitution électronique de l'anion I^-.

D'ailleurs les observations faites ici sur l'iode à l'état d'ion monovalent libre ne valent plus si l'iode fait partie d'un autre anion : les f. e. m. observées à la saturation, quant à la confrontation argent-platine, sont alors sensiblement moins élevées que dans le premier cas. Par exemple, toujours à la saturation, l'iodate de potassium ne fournit que l'ordre du demi-volt, et le mercuritétraiodure de potassium l'ordre du dixième de volt. Une répercussion électrostatique de l'état de l'iode dans la molécule du soluté se trouve donc mise en évidence par les présents essais.

Piles à gélatine engageant le contact Ag—I. — L'importance relative des effets électrostatiques des anions I^- dans leur contact avec l'argent métallique se manifeste à propos d'autres piles, moins simples que les précédentes, faisant également intervenir ce contact. Par exemple, dans la pile Ag—IK sat.+gélatine—Pt, laquelle fournit l'ordre de 0,6 volt, l'interversion des électrodes, supprimant le contact $Ag—I^-$, abaisse la f. e. m. à l'ordre du dixième de volt, l'argent étant au pôle négatif de chacun des deux systèmes.

(³) *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 1.
(⁴) *Ibid.*, 33, 1937, p. 238.
(⁵) *Physik Z. Soviet Union*, 10, 1936, p. 673.

D'autre part, dans la pile à électrodes semblables Ag — IK sat — gélatine — Ag. qui fournit l'ordre du tiers de volt, c'est à l'électrode contiguë à l'iodure de potassium, marquant le pôle négatif, que les présomptions ici acquises, quant au contact Ag — I, conduisent à localiser le saut de potentiel prépondérant.

MAGNÉTISME. — *Sur la décomposition du moment élémentaire des ferromagnétiques et les phénomènes gyromagnétiques.* Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré [1] que le moment élémentaire des ferromagnétiques peut être considéré comme résultant de deux moments de provenance différente. Le premier, que j'ai appelé moment de base, est dû au spin des électrons solitaires, le second, que j'ai appelé moment supplémentaire, a été attribué à la rotation du sous-étage magnétique; il serait par conséquent de nature orbitale.

Cette décomposition en deux parties résultait de l'étude de la saturation absolue où, nécessairement, les deux parties ont la même orientation. On a, dans ce cas, immédiatement le rapport gyromagnétique $\rho(e/m)$ [2]. Si le moment d'orbite est la fraction λ du moment total, on a $\rho(e/m) = 1 + \lambda$. Le rapport $\rho(e/m)$ ainsi calculé est une limite supérieure de ce que doit donner l'expérience gyromagnétique qui a toujours été faite dans des champs faibles. Si, en effet, comme on doit l'admettre par analogie avec les états spectraux, le moment orbital est couplé au moment de spin sous un certain angle, on ne doit prendre pour λ que le rapport de la composante du moment d'orbite parallèle au moment résultant, la composante perpendiculaire étant sans effet.

Le tableau suivant porte, pour quelques éléments et alliages, le moment total μ, les fractions μ_{spin}, due au spin, et μ_{orb}, due à l'orbite, déduites de la discussion des moments, la limite supérieure de $\rho(e/m)$ calculée avec ces données et dans les deux dernières colonnes les coefficients observés par Barnett [3] dans l'effet Barnett, B (aimantation par rotation) et par le même

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1091.

(2) Si ρ est le rapport du moment cinétique au moment magnétique, on a, dans le cas du spin $\rho = (m/e)$, dans le cas de l'orbite $\rho = (2m/e)$ et dans le cas général $\rho = (2/g)(m/e)$, où g est le facteur de Landé. La grandeur du phénomène gyromagnétique est donc repérée au moyen du nombre $\rho(e/m)$.

(3) Barnett, *Rev. Mod. Phys.*, 7, 1935, p. 129.

auteur dans l'effet Einstein et de Haas, E. et H. (rotation par aimantation).

Substance.	Moments en magnétons de Weiss. μ.	μ_{spin}.	μ_{orb}.	$\rho(e/m)$. lim calc.	$\rho(e/m)$ observé. B.	E. et H.
Fer électrolytique II...	11	10	1	1,091	1,080	1,031
Fer Armco..........	11	10	1	1,091	1,024	1,031
Cobalt II...........	8,5	7,5	1	1,117	1,091	1,096
Nickel I.............	3	2,5	0,5	1,166	1,034	1,05
Fe^3Ni (Hopkinson)....	10,5	10	0,5	1,047	1,016	1,015
CoNi (Bloch)........	6	5	1	1,166	1,074	1,087
$FeNi^4$ (Permalloy)...	5,2	4,5	0,7	1,135	1,046	1,043

Aucune valeur donnée par l'expérience n'est supérieure à la limite calculée. La limite supérieure est presque atteinte pour le fer électrolytique dans l'effet Barnett et pour le cobalt dans les deux effets. Les autres effets observés sont inférieurs à la limite. Mais il paraît significatif que l'excès de $\rho(e/m)$ sur l'unité soit petit, précisément là (Fe^3Ni) où le calcul donne une faible valeur pour la limite.

La conception du couplage spin-orbite peut d'ailleurs donner une explication plausible pour la loi d'approche empirique de P. Weiss ([4])

$$\sigma_H = \sigma_\infty \left(1 - \frac{a}{H}\right)$$

qui se heurtait à cette difficulté qu'un moment écarté de la direction du champ par un couple fini donne une loi d'approche du second ordre en $1/H$.

Les champs faibles n'orientent que la résultante des moments de spin et d'orbite. Les champs intenses par contre rapprochent le moment orbital du moment de spin. Si les deux moments se repoussent en raison inverse de leur écart angulaire, il en résulte, comme P. Weiss l'a montré ([5]), la loi d'approche du premier ordre.

([4]) *J. de Phys.*, **9**, 1910, p. 373.

([5]) Rapp. Conseil Solvay, *Sur le magnétisme*, 1932, p. 316.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'identification des chocs d'Hoffmann avec les gerbes d'électrons produites par les rayons cosmiques.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré [1] que les chocs d'Hoffmann n'étaient pas dus à une forme accidentelle de la décharge électrique dans les gaz, comme on l'avait suggéré, mais qu'ils représentaient bien la mise en liberté instantanée d'un très grand nombre d'ions (jusqu'à 10^8) sous l'influence du rayonnement cosmique. Il restait à démontrer que ce phénomène s'identifiait avec les gerbes d'électrons positifs et négatifs décelées par les compteurs et les chambres de Wilson.

Nous avons, pour cela, disposé sous un écran gerbigène une chambre d'ionisation très sensible entourée par trois compteurs disposés en triangle et montés en coïncidence et avons comparé la simultanéité des réponses des deux appareils.

La chambre d'ionisation [2] comporte un récipient cylindrique en duralumin ($d = 10^{cm}$, $l = 30^{cm}$), contenant 200^l d'argon pur sous la pression de 90^{atm} [3]. Le gaz peut être purifié *in situ* par un petit four à calcium de Soddy. L'électrode axiale est portée par un bouchon rodé en silice fondue et est munie d'un anneau de garde. Le système de mesure comprend deux lampes électromètres montées en pont (Wynn-Williams) dont les résistances de fuite de grille (résistances White) sont de $1{,}2.10^{12}$ ohms. Tout cet ensemble est disposé dans un carter métallique évacué porté par la chambre à haute pression. En utilisant comme appareil de mesure un galvanomètre Ayrton-Mather de faible inertie, de constante $0{,}5.10^{-9}$ A, la sensibilité est de trois divisions par millivolt. Elle est telle que le rayonnement γ du potassium provenant de 1^{kg} de ClO^3K, traversant les 6 mM de duralumin constituant la paroi de la chambre, provoque une déviation de $350\,d$. L'appareil fonctionne en variomètre; l'ionisation due au rayonnement cosmique provoquerait une élongation de $2000\,d$.

Les trois compteurs entourant la chambre ont chacun une surface utile de 36^{cm^2}. Ils possèdent une cathode en graphite réduisant leur sensibilité aux rayons γ et sont remplis d'un mélange d'hydrogène et d'argon purs

(1) A. Dauvillier et A. Rogozinsky, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 143.
(2) A. Dauvillier, *Bull. Astron.*, **10**, 1937, p. 123-138.
(3) Nous devons ce gaz pur à M. G. Claude.

sous la pression de 8^{cm} de mercure. S'allumant à 450 V, ils présentent un palier s'étendant de 500 à 700 V. Leur fréquence est alors de 80 coups par minute. Associés en coïncidence triple, selon le montage de Neher-Harper, ils accusent 1,8 coïncidence à l'heure, due aux gerbes issues de l'atmosphère et aux coïncidences fortuites.

Les expériences ont d'abord été faites en 1937 avec la chambre d'ionisation remplie d'azote, sous la pression de 100^{atm}, avec des écrans gerbigènes (50^{kg}) de carbone, d'eau (O^2), d'aluminium ([4]), de zinc et de plomb. 54 coïncidences rigoureuses ont été constatées entre le bref signal sonore déclenché par les compteurs et le brusque départ du spot du galvanomètre (période 1/5e sec.). Les chocs d'Hoffmann avaient une élongation *moyenne* de 47 divisions (20 à 230 *d*), sensiblement indépendante de la nature de l'écran. Les compteurs décelant de très petites gerbes, formées d'au moins trois trajectoires simultanées, la plus grande partie des coïncidences triples ne s'accompagnent pas de choc galvanométrique appréciable. Par contre tout choc d'Hoffmann est accompagné d'une coïncidence triple.

Les expériences ont été reprises en 1938, la chambre était remplie d'argon pur. 90 coïncidences ont été observées, l'élongation moyenne (233*d*) étant devenue cinq fois plus grande. Ce rapport est aussi celui des sensibilités pour le rayonnement cosmique dans l'azote et dans l'argon comprimés. L'amplitude des petits chocs est limitée par la fluctuation ([5]) propre du rayonnement. 10 chocs ont *excédé* 500*d*, soit une production instantanée dépassant 25.10^6 paires d'ions, correspondant à une dépense d'énergie de $0,4.10^9$ eV.

36 enregistrements ont également été effectués en photographiant simultanément le spot du galvanomètre et un éclair produit par une lampe au néon allumée par les compteurs, mais la simultanéité ainsi appréciée est beaucoup moins rigoureuse que par l'observation visuelle, par suite de la faible avance horaire (15 mM) du papier photographique. Ces enregistrements ont surtout montré l'étendue de la fluctuation et prouvé la rareté des chocs (5 à 6 par 24 heures).

La statistique de ces chocs montre que ceux-ci décroissent rapidement d'une manière régulière et continue depuis la fluctuation spontanée jusqu'aux plus grandes valeurs observables.

([4]) Aluminium à 99,8 pour 100; zinc à 99,97 pour 100.

([5]) La fluctuation est de $\pm 1\,d$, le vide étant fait dans la chambre; de $\pm 10\,d$ dans l'azote et de $\pm 50\,d$ dans l'argon comprimés.

PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Remarques sur les courbes de noircissement des plaques dans la région de sous-exposition.* Note [1] de M. TIEN KIU, présentée par M. Charles Fabry.

I. On cherche généralement à utiliser en photométrie photographique la *région d'exposition normale* des plaques où la courbe de noircissement, tracée en portant en ordonnées les densités, en abscisses les logarithmes des éclairements (ou des temps de pose), est sensiblement rectiligne. Le contraste demeure alors invariable et sa valeur est la plus grande possible. Mais, dans l'étude des sources faibles, il peut être difficile d'atteindre la région d'exposition normale avec les durées de pose réalisables, et l'on peut ainsi être contraint d'utiliser la région de sous-exposition. Le cas se présente souvent, en astrophysique notamment. De ce point de vue, j'ai cherché à étudier la courbe de noircissement à temps de pose variable des plaques sous-exposées.

II. La source utilisée est un diffuseur de plâtre éclairé par un arc au mercure dont le régime est contrôlé par un ampèremètre. Elle éclaire la fente d'un spectrographe à 2 prismes de flint. On fait, sur une même plaque, une série de poses de durées croissantes. Comme le contraste est faible, il importe de mesurer les densités avec précision. Les microphotomètres à thermo-élément ou à cellule photoélectrique permettent justement de mesurer avec précision les faibles densités. Je me suis servi d'un microphotomètre enregistreur de Moll, qui permet de mesurer les densités inférieures à 1 à 0,008 près et les densités inférieures à 0,4 à 0,002 près [2].

Soient d l'élongation sur la courbe d'enregistrement à partir de la ligne d'obscurité, V l'élongation correspondant au voile de fond, légèrement variable d'un bord à l'autre de la plaque [3]. La densité D au-dessus du voile de fond est visiblement

$$D = -(\log d - \log V) \quad [4].$$

III. Les résultats représentés sur la figure ci-contre se rapportent à

---

[1] Séance du 12 décembre 1938.

[2] TIEN KIU, *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 2, 1938, p. 189.

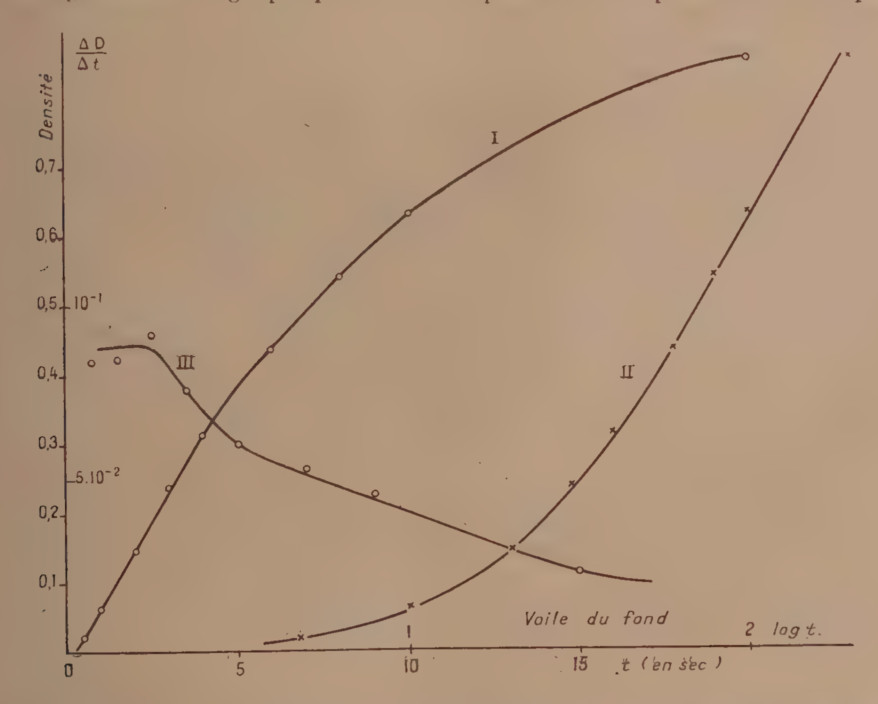
[3] Les variations mesurées ici sont de quelques millièmes en densité, la densité augmentant légèrement vers les bords de la plaque.

[4] TIEN KIU, *loc. cit.*, p. 187.

une plaque panchromatique Lumière impressionnée par la raie 4047 Å du mercure et développée pendant 2 minutes dans un révélateur au génol-hydroquinone.

Les ordonnées des courbes I et II sont les densités D ; les abscisses de la courbe I sont les temps de pose t, celles de la courbes II les logarithmes des temps de pose. Enfin la courbe III représente, en fonction de t, les variations de la pente moyenne $\Delta t/t$ entre deux points consécutifs de la courbe I.

On voit qu'immédiatement au-dessus du voile de fond, la courbe I présente un segment à peu près rectiligne. *Dans la région de sous-exposition, il est donc plus avantageux de porter en abscisses le temps de pose plutôt que son logarithme.* Le graphique obtenu se prête beaucoup mieux à l'interpo-



lation exigée par la photométrie photographique. Cette interpolation est d'ailleurs susceptible d'une bonne précision : à une erreur de 0,002 sur la densité correspondrait en effet sur la courbe I, pour $t = 3$ secondes, une erreur relative $\Delta t/t = 1/120$ environ.

On remarque enfin que la courbe I ne passe pas exactement par l'origine des coordonnées. Ce résultat paraît conforme à l'hypothèse de Reindre et

Hamburger, d'après laquelle l'image latente ne commence à se former que lorsque 3 ou 4 quanta ont été reçus par le même germe sensible (⁵).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur deux exemples différents de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés.* Note [1] de M. **Georges Liandrat**, transmise par M. Jean Perrin.

Lorsque l'on fait agir, sur une cellule photoconductrice au sélénium, un flux lumineux dont l'intensité est modulée entre O et φ, puis que l'on amplifie et mesure la partie alternative i du courant, on peut tracer une courbe $i(\varphi)$ que nous allons appeler la caractéristique de régime modulé pur, relative à une certaine différence de potentiel appliquée De même que la catactéristique de régime continu, elle est incurvée vers le bas, mais elle l'est d'autant moins que la fréquence de modulation s'élève davantage dans le domaine des fréquences musicales. Si maintenant l'on superpose au flux modulé faible φ, un flux continu Φ intense, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ sont *multipliées* par un facteur qui est fonction croissante du flux surajouté Φ. Ce phénomène a été signalé par Schönwald [2]; j'en ai voulu vérifier la généralité.

J'ai étudié dans ce but le comportement d'une cellule au *thallofide*, substance artificielle dont la composition est celle d'un oxysulfure de thallium et qui possède des propriétés photoconductrices à tous égards comparables à celles du sélénium. Lorsque l'on fait progressivement croître le flux Φ, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ *s'abaissent* jusqu'au quart environ de leur valeur normale: puis elles *remontent* si l'on continue à faire croître Φ. Cela paraît indiquer la superposition de deux effets de sens opposés qu'il faut essayer de modifier séparément.

L'interposition d'une cuve d'eau sur le trajet du flux Φ fait reculer légèrement le second phénomène. Un courant d'air frais, dirigé sur l'enveloppe de la cellule, agit plus nettement, dans le même sens. Il n'est pas possible d'interposer un filtre opaque au rayonnement du proche infrarouge, parce que la substance sensible est enfermée déjà dans une ampoule de verre rouge qui la protège contre l'action destructive que la

---

(⁵) W. Reimer et L. Hamburger, *Zeitschrift für wissenschaft Photographie*, 31, 1932, p. 32, 53 et 265.

(¹) Séance du 5 décembre 1938.

(²) B. Schönwald, *Ann. der Phys.*, 15, 1932, p, 419.

plus grande partie du spectre visible exercerait sur ses propriétés : la superposition de deux filtres plus ou moins complémentaires n'aboutit qu'à la disparition de l'ensemble des phénomènes que l'on désire observer. J'ai alors introduit l'ampoule dans un manchon percé d'une fenêtre et rempli d'eau chaude, et constaté que pour chaque valeur de φ, l'ordonnée i de la caractéristique de régime modulé pur est une fonction croissante, bien définie, de la température; elle est à peu près doublée lorsque l'on passe de 20 à 70° C.

Ne trouvant aucune mention de faits semblables dans le mémoire de Schönwald, j'ai repris ces essais avec une cellule au sélénium : l'effet du flux surajouté est bien *opposé* à celui que j'observe avec le thallofide et, d'autre part, il semble simple; l'influence de la température sur la cellule au sélénium est négligeable dans le domaine où elle est importante avec le second semi-conducteur photo sensible.

On peut essayer de partir de l'hypothèse suivante : en dépit des phénomènes *secondaires* ou prétendus tels, le comportement du photoconducteur en régime variable peut être prévu très simplement à partir de la loi de recombinaison, loi que l'on peut déduire de la forme parabolique de la caractéristique statique. On se trouve en présence d'une équation différentielle non linéaire, avec second membre périodique simple; on en calcule, par approximations successives, une solution approchée dont les termes forment une série de Fourier.

L'influence du flux surajouté Φ apparaît alors comme conséquence de la non-linéarité : elle est de sens négatif, mais faible, et par conséquent, n'explique ni l'un ni l'autre des effets ci-dessus. On est donc obligé d'admettre que, sous l'action du flux intense, il apparaît dans le réseau des centres excités en nombre tel que ses propriétés optiques (absorption) ou électroniques (facilité de recombinaison) en sont profondément modifiées. Si cette hypothèse pouvait être précisée autant qu'elle l'a été dans le cas des halogénures alcalins, le problème du comportement photoélectrique du sélénium se rapprocherait peut-être de sa solution, et l'on aperçoit le rôle que pourrait jouer l'utilisation systématique du phénomène de Schönwald dans la détermination des bandes de niveaux d'excitation, car rien n'empêcherait de faire varier *séparément* les positions spectrales des deux flux superposés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme permettant la représentation graphique de la composition des systèmes multaires, comme celle des alliages légers.* Note (¹) de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. Jean Perrin.

1. On ressent dans la métallographie le besoin pratique de représenter graphiquement des compositions multaires. L'emploi pour les systèmes ternaires d'un triangle, pour les systèmes quaternaires d'une pyramide (tétraèdre) est bien connu. Lorsqu'il s'agit de plus de quatre componants, on n'a guère eu à disposition que la *méthode des colonnes*, qui se sert d'un nombre de longueurs, tracées le long d'un axe et marquées différemment (²).

Afin de pouvoir représenter les compositions très compliquées des alliages légers, je me sers avec avantage de la méthode suivante (³).

2. On trace dans un plan un demi-cercle (*fig.* 1), contenant un nombre

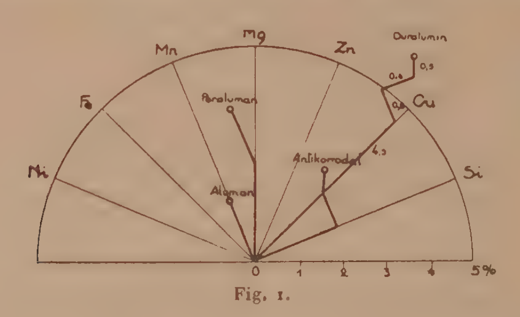


Fig. 1.

de *rayons, dont les directions sont faciles à distinguer.* Il en est ainsi si les deux quadrants ont été divisés en quatre parties égales, ce qui donne neuf rayons différents. Le long d'un des rayons se trouve une *échelle de composition* (ici linéaire).

A chaque rayon on assigne la signification de la teneur d'un composant donné, convenablement dans l'ordre adopté dans les analyses; pour l'aluminium : Si, Cu, Zn, Mg, Mn, Fe, Ni.

Chaque vecteur parallèle à un rayon donné indique l'espèce et la teneur

---

(¹) Séance du 24 octobre 1938.

(²) Voir par exemple C. Benedicks, *Recherches physiques et physicochimiques sur l'acier au carbone; Thèse*, Upsala, 1904, p. 112.

(³) C. Benedicks, *Verdandis småskrifter*, n° 411. Stockholm, 1938, p. 32.

d'un composant, de la même manière qu'une longueur du rayon (-vecteur) lui-même.

3. A titre d'exemple représentons dans ce diagramme vectoriel la composition de quelques alliages légers.

Al pur est représenté par *l'origine* (centre du cercle).

Un *alliage binaire* est mis en évidence par un point situé *sur un des rayons*. Ainsi *Aluman*, alliage qui, sauf Al, ne contient que 1,5 % Mn, correspond à un point du rayon Mn.

Un *alliage ternaire* est représenté par l'ensemble d'un rayon-vecteur et d'un autre vecteur, parallèle à un des rayons, tous les deux mesurés selon l'échelle. L'alliage ternaire *peraluman*, contenant 2,2 % Mg et 1,4 % Mn, illustre ce cas.

Celui d'un *alliage quaternaire* est donné par une suite de vecteurs, composée par un rayon-vecteur et deux autres vecteurs. Exemple : *anticorrodal*, à 2 % Si, 0,7 % Mn, 0,65 % Mg.

Un alliage à *cinq composants* est localisé par la suite d'un rayon-vecteur et *trois* autres vecteurs. Voir *duralumin* à 4,5 % Cu, 0.8 % Mn, 0,6 % Si et 0,5 % Mg [4].

Cette méthode a l'avantage considérable (sur la *méthode des colonnes*, ainsi que sur un tableau) qu'on a la liberté d'indiquer les différentes teneurs *dans l'ordre de leurs grandeurs décroissantes*. Si, dans un cas donné, on préfère un autre ordre, ceci est également permis : *la situation du point final* (la *somme des vecteurs*) *est indépendante*, on le sait, *de l'ordre donné aux vecteurs*.

Lorsqu'on désire lire la composition correspondant à un point donné du diagramme, il faut d'abord suivre qualitativement la suite des vecteurs jusqu'à l'origine; ensuite on lira les teneurs successives.

Faisons remarquer qu'un point du diagramme n'a de sens univoque que si la suite des vecteurs qui y conduisent est nettement indiquée.

4. Dans la pratique, une *échelle logarithmique* est à recommander, comme celle de la figure 2, qui permet l'indication de 0,1-100 pour 100. Le point Al, par conséquent, n'y signifie qu'un aluminium dont les teneurs individuelles des différents éléments ne surpassent par 0,1 pour 100. Pour une précision plus grande, on n'a qu'à ajouter encore un module, ce qui donnera l'échelle 0,01-100 pour 100.

On pourra assigner aux vecteurs d'une direction donnée n'importe quelle grandeur numérique. Ainsi, dans la figure 2, le rayon horizontal à

---

[4] La longueur de chaque vecteur pourra être indiquée par un nombre, comme, dans ce cas le montre la figure 1.

gauche est employé pour les valeurs (limites) du nombre de dureté Brinell (H_B), selon une échelle linéaire.

La figure 2 donne un aperçu des types d'alliage d'aluminium les plus connus.

Le diagramme satisfait à la classification ordinaire de ces alliages, *d'après l'addition la plus importante.*

Ainsi la principale teneur de tous les alliages Al-Cu se trouve sur l'axe Cu. Ici se

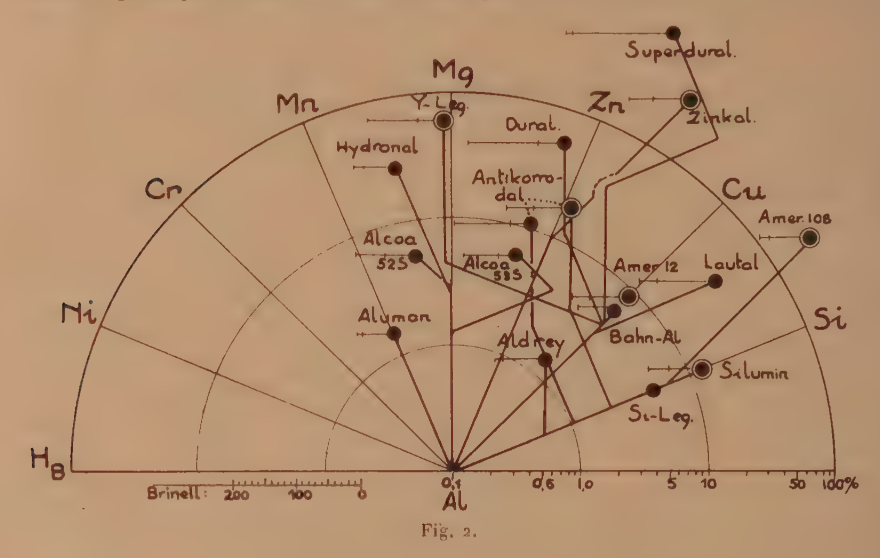


Fig. 2.

voit l'*alliage américain* 12 à seulement 8 pour 100 Cu (point amér. 12). (Cercle extérieur indique alliage de fonderie.) Tout près se trouve un alliage (forgé) à 6 pour 100 Cu (Bahn-Al). L'alliage Al-Cu Lautal est caractérisé par *un* vecteur additionnel, correspondant à 1 pour 100 Si. Deux vecteurs additionnels caractérisent *duralumin* (Mn, Mg) et aussi *alliage* Y (Ni, Mg; Y-Leg.). Trois vecteurs additionnels : *Superduralumin* (Mg, Si, Mn).

Le diagramme donne un aperçu qui pourra être d'une considérable utilité.

5. Le fait que ce diagramme met à profit des extensions dans 9 différentes directions du plan, c'est-à-dire *possède* 9 *dimensions*, pourra surprendre, puisqu'on dit que le plan ne *possède que* 2 *dimensions*. Cette question mérite une étude spéciale.

PHYSICOCHIMIE. — *Contribution à l'étude des octanes.*
Note de M. **André Maman**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue de la détermination rapide (Raman, infrarouge) de la structure moléculaire des carbures d'hydrogène, constituants possibles des essences, nous avons préparé synthétiquement, en plus de dix octanes qui ont fait l'objet d'une précédente Note [1], cinq autres isomères dont voici quelques caractéristiques physicochimiques.

	Densités $D_4^{20°}$.	T. C. S. aniline.	Indices de réfraction pour λ (Å). 5890.	5460.	4360.
2.2-Diméthylhexane	0,7070	71°,3	1,39678	1,39845	1,40556
2.2.3-Triméthylpentane	0,7130	68,3	1,40224	1,40389	1,41112
2.2.4-Triméthylpentane	0,7083	73,4	1,39271	1,39441	1,40159
2.3.4-Triméthylpentane	0,7125	69,2	1,39615	1,39786	1,40500
2.2.3.3-Tétraméthylbutane	0,7167	74,8	1,39455	1,39621	1,40345

	Dispersions de réfraction. 5890-5460.	5890-4360.	Températures d'apparition du CO dans les produits de la combustion.
2.2-Diméthylhexane	$23,6.10^{-4}$	$124,1.10^{-4}$	331°
2.2.3-Triméthylpentane	23,1	124,5	445
2.2.4-Triméthylpentane	24	125,3	477
2.3.4-Triméthylpentane	24	124,2	440 [a]
2.2.3.3-Tétraméthylbutane	23,1	124,1	483

[a] 80 d'octane à 440°.

Les températures d'apparition de l'oxyde de carbone dans les produits de combustion sont intéressantes à connaître. En effet, on admet généralement qu'un carbure est d'autant moins détonant qu'il est plus résistant à l'oxydation et qu'il a une chaîne carbonée plus ramifiée : la comparaison des températures ci-dessus permet de préciser que la détonation est d'autant moins accentuée que deux carbones tertiaires se rapprochent dans la chaîne, et qu'elle disparaît lorsque la molécule contient deux carbones quaternaires (2-2-3-3 tétraméthylbutane) ou bien deux carbones, l'un ternaire, l'autre quaternaire (2-2-4, 2-2-3 triméthylpentanes) ou bien trois carbones tertiaires voisins (2-3-4 triméthylpentane). Ces températures d'apparition de CO sont valables seulement pour un ensemble de condi-

[1] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 319.

tions opératoires déterminées, obtenues avec un appareil semblable à celui utilisé pour l'étude des hexanes [2].

Nous avons également mesuré les viscosités absolues de quelques isomères de l'octane, dans un intervalle restreint de températures (5° à 20° C.). Voici leurs valeurs en poises

	5°.	10°.	15°.	20°.
3-Ethylhexane...........	$0,5425.10^{-2}$	$0,5130.10^{-2}$	$0,4840.10^{-2}$	$0,4575.10^{-2}$
4-Méthylheptane..........	0,5640	0,5335	0,5050	0,4775
2.3-Méthyléthylpentane...	0,5765	0,5435	0,5140	0,4870
2.4-Diméthylhexane.......	0,5800	0,5470	0,5175	0,4900
2.3.4-Triméthylpentane...	0,5955	0,5600	0,5300	0,5020
3-Méthylheptane..........	0,6075	0,5700	0,5375	0,5085
2.5-Diméthylhexane......	0,6100	0,5750	0,5415	0,5120
2-Méthylheptane..........	0,6120	0,5770	0,5480	0,5185
2.3-Diméthylhexane......	0,6140	0,5800	0,5500	0,5200
2.2.4-Triméthylpentane...	0,6205	0,5860	0,5540	0,5300
Octane normal...........	0,6585	0,6250	0,5905	0,5570
2.2-Diméthylhexane.......	0,6715	0,6350	0,5990	0,5650
2.2.3-Triméthylpentane...	0,7200	0,6815	0,6485	0,6190
2.2.3.3-Tétraméthylbutane.	0,7450	0,6985	0,6635	0,6340

D'après la théorie d'Andrade [3], il existe entre la viscosité η, la chaleur spécifique c à T° K et le volume spécifique V, une relation de la forme

$$\eta V^{\frac{1}{3}} = A e^{\frac{c}{VT}},$$

où A serait une constante indépendante de la nature du corps et de la température. Or, si l'on calcule ce coefficient pour l'octane normal et le 2.2.4-triméthylpentane, on le trouve voisin de 65.10^{-4}, dans l'intervalle + 5°, + 20°C.; mais, comme le montre le Tableau suivant, il décroît d'une façon continue quand la température augmente, et il n'est pas le même pour les deux carbures.

Températures absolues.............	278°.	283°.	288°.	293°.
A (Octane normal).............	$73,6.10^{-4}$	$69,91.10^{-4}$	$66,22.10^{-4}$	$62,52.10^{-4}$
A (2.2.4-triméthylpentane).....	69,04	65,37	61,96	59,33

Nous faisons pour les autres isomères la détermination de A jusqu'à 35°C. et celle des points de congélation respectifs.

---

(2) A. MAMAN, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 66, 1935.

(3) *Phil. Mag.*, Sec. 7, **17**, n° **112**, Suppl. Febr. 1934, p. 497 et 698.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre la tension de vapeur, la viscosité et l'association moléculaire*. Note de M. **Emmanuel Lucatu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un liquide dont la viscosité (η) est grande possède une faible tension de vapeur (p) et inversement. Pour une variation de température qui produit une variation dp de la tension de vapeur, nous pouvons écrire la relation

$$dp = -\frac{\alpha p \, d\eta}{\eta},$$

où α est un coefficient dont nous préciserons plus loin la valeur. Par intégration on obtient $p\eta^{\alpha} = 10^{k}$, k étant une constante qui dépend de la constitution chimique du corps.

Nous avons vérifié graphiquement cette relation pour tous les liquides dont la viscosité est suffisamment connue, même au-dessus de la température normale d'ébullition, à savoir pour C^2H^5Br, CCl^4, CH^3OH, C^2H^5OH, $(C^2H^5)^2O$, $(CH^3)^2CO$, $CH^3CO^2CH^3$, C^6H^6, $C^6H^5CH^3$, C^6H^5F et C^6H^5Cl.

Une partie des résultats sont représentés dans la figure ci-après.

Une grande partie des valeurs expérimentales utilisées a été prise dans des Tables de Constantes. Nous avons utilisé surtout les résultats de A. Heydweiller (1), H. Kuhara (2), T. Titani (3) et P. C. Blokker (4), qui sont les seuls physiciens qui, pour les corps cités plus haut, aient mesuré la viscosité, pour un nombre suffisamment grand de points, *au-dessous et au-dessus des températures normales d'ébullition, en éliminant la pression atmosphérique*.

La représentation graphique logarithmique fournit pour chaque liquide *deux droites qui font un angle très marqué*. Remarquons que le point anguleux se trouve approximativement pour tous les liquides étudiés, à l'endroit correspondant à la tension de vapeur d'une atmosphère, quoique la viscosité ait été mesurée, comme nous l'avons déjà dit, en éliminant la pression atmosphérique.

Ce fait caractéristique nous sert à déterminer la région utile où le coeffi-

---

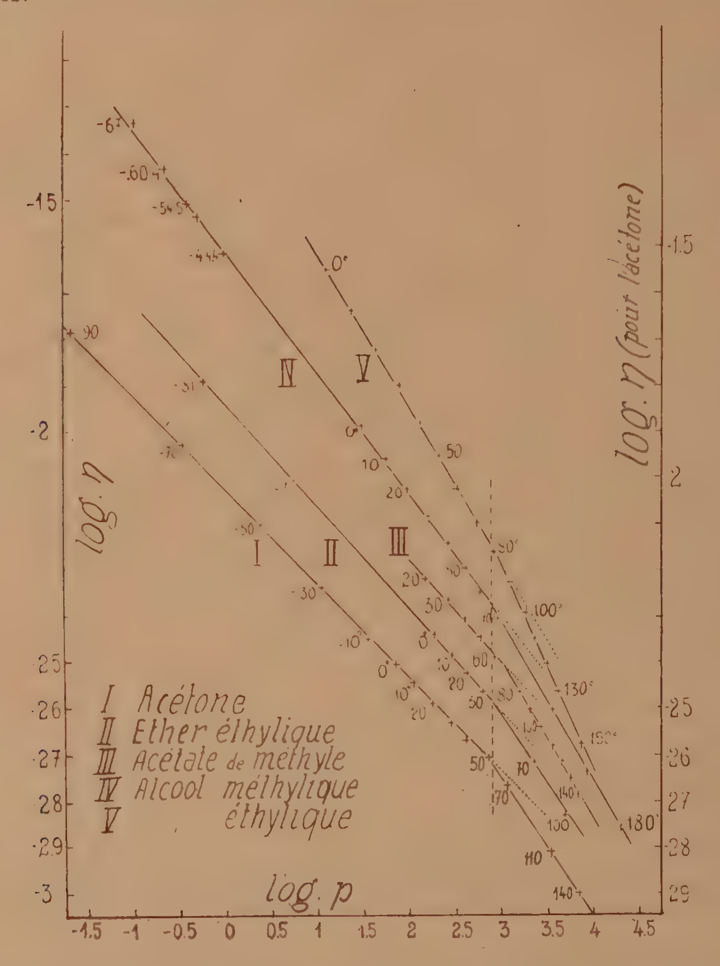
(1) *Ann. der Phys.*, 55, 1895, p. 561; 59, 1896, p. 193.

(2) *Journ. of the Tokio Chem. Soc.*, 50, 1923, p. 165.

(3) *Bull. Chem. Soc. Japan*, 2, 1927, p. 95.

(4) *Rec. trav. Chim. Pays-Bas*, 55, 1936, p. 170.

cient angulaire α distingue les liquides normaux des liquides à molécules associées.



Cependant il faut noter deux exceptions intéressantes. Pour le mercure, entre 0° et 360° C., on n'obtient pas une ligne droite, mais une hyperbole,

$$(\log\eta + 4,9244)(\log p + 74,5573) = 223,3243.$$

Les valeurs calculées au moyen de cette formule présentent vis-à-vis des valeurs expérimentales des écarts inférieurs à 1 pour 1000. Pour l'eau, entre — 9° et 300° C., on ne trouve également pas de droites, et on ne

remarque pas de particularités autour de 100° C. On trouve deux hyperboles,

$$(\log \eta + 4,605)(\log p + 5,412) = 17,352,$$
$$(\log \eta + 5,699)(\log p + 7,812) = 33,660,$$

qui se coupent vers 40° C., température pour laquelle Amagat avait déjà signalé un minimum de la compressibilité et récemment M. Magat, plusieurs autres anomalies.

Pour des tensions de vapeur inférieures à une atmosphère, nous avons constaté que le coefficient angulaire $\alpha = (\log p_2 - \log p_1)/(\log \eta_2 - \log \eta_1)$ a en général la même valeur 4,5 pour tous les liquides considérés comme *normaux*, par Ramsay-Shields [5] et Longinescu-Chaborski [6]. Les liquides à molécules associées ont des α plus petits, par exemple $\alpha = 3,3$ pour l'ammoniaque, 2,8 pour l'alcool éthylique, 2,6 pour l'acide formique, etc.

Dans le cas de l'eau, le coefficient angulaire des tangentes aux différents points des deux hyperboles varie de 2,1 pour 0° C. à 4,5 pour 300° C. Il est donc à supposer que le degré d'association de l'eau diminue lorsque la température croît, l'eau devenant un liquide *normal* aux environs de 300° C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inflammation des mélanges gazeux par l'étincelle électrique : mélanges air-diéthyléther.* Note [1] de M. **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Paul Langevin.

De nombreux expérimentateurs se sont proposé de déterminer l'énergie minimum nécessaire pour provoquer, au moyen d'une étincelle électrique, l'inflammation de mélanges gazeux. Malheureusement la grande variété des techniques expérimentales utilisées a conduit à un ensemble confus de résultats, bien souvent contradictoires [2]. Il a paru utile de reprendre le problème dans de nouvelles conditions, sans préjuger de la valeur des

---

(5) *Zs. f. phys. Chem.*, 12, 1893, p. 443.
(6) *Bull. Chem. Soc. Roum. Sciences*, 33, 1927, p. 3.

(1) Séance du 12 décembre 1938.
(2) Un aperçu bibliographique de la question est donné dans *Combustion, Flames and Explosions of Gases*, par B. Lewis et G. von Elbe, Cambridge, 1938.

expériences antérieures, expériences généralement conçues en vue non des recherches théoriques mais des applications pratiques et parfois, semble-t-il, menées trop hâtivement.

Les premières expériences sont relatives à l'inflammation des mélanges *air-diéthyléther* par l'étincelle condensée. Le fait que l'inflammation d'un mélange gazeux par une source donnée ne soit possible qu'entre des limites de composition, dites *limites d'inflammabilité*, souligne l'importance de la composition du mélange lors de l'étude des processus d'inflammation. Divers auteurs ayant établi antérieurement l'existence d'une composition optimum, les expériences ont été conduites de façon à réaliser cet optimum. La technique, mise au point avec la collaboration de M. Roger Houet, sera détaillée dans une autre publication.

En principe, un tube à combustion muni de deux électrodes est rempli de mélange air-diéthyléther. Un condensateur de capacité connue est chargé sous une tension connue et déchargé à travers le mélange, qui s'enflamme si le voltage est suffisant. En faisant varier la tension, il est possible, pour un mélange donné, de modifier les caractéristiques de l'étincelle jusqu'à ce que le voltage atteigne une valeur minimum au-dessous de laquelle l'inflammation est impossible, quel que soit le nombre des expériences. La composition du mélange étant alors modifiée, le voltage minimum correspondant à cette nouvelle composition est déterminé. Pour une capacité donnée, l'ensemble des résultats ainsi obtenus se traduit par une courbe du type ci-contre (*fig.* 1). Par son minimum, cette courbe définit un *voltage critique* qu'il est relativement facile de déterminer avec une précision suffisante. Lorsque la capacité du circuit est modifiée, le voltage critique prend une nouvelle valeur. Contrairement à l'opinion exprimée par certains auteurs et implicitement admise par d'autres (³), le minimum d'énergie $1/2\,CV^2$ correspondant au voltage critique est essentiellement variable, et d'autant plus faible que ce voltage est plus élevé. Ce résultat, rapproché de résultats antérieurs de A. Langevin et P. Biquard (⁴), permet en particulier d'expliquer certaines des inflammations accidentelles provoquées par la manipulation de substances diélectriques en

(³) En France, A. Kling et A. Soulier, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1024.

(⁴) Ces auteurs ont établi que le frottement de substances diélectriques telles que les nitrocelluloses développe des quantités d'électricité importantes, susceptibles en particulier de produire des champs élevés, de l'ordre de *plusieurs dizaines de milliers de volts-cms*. Cf. A. Langevin et P. Biquard, *Mém. Poudres*, **26**, 1934-1935, p. 355.

présence d'une atmosphère inflammable telle qu'en produit l'évaporation à l'air libre d'un solvant combustible.

La forme des électrodes, dont dépend la distribution du champ élec-

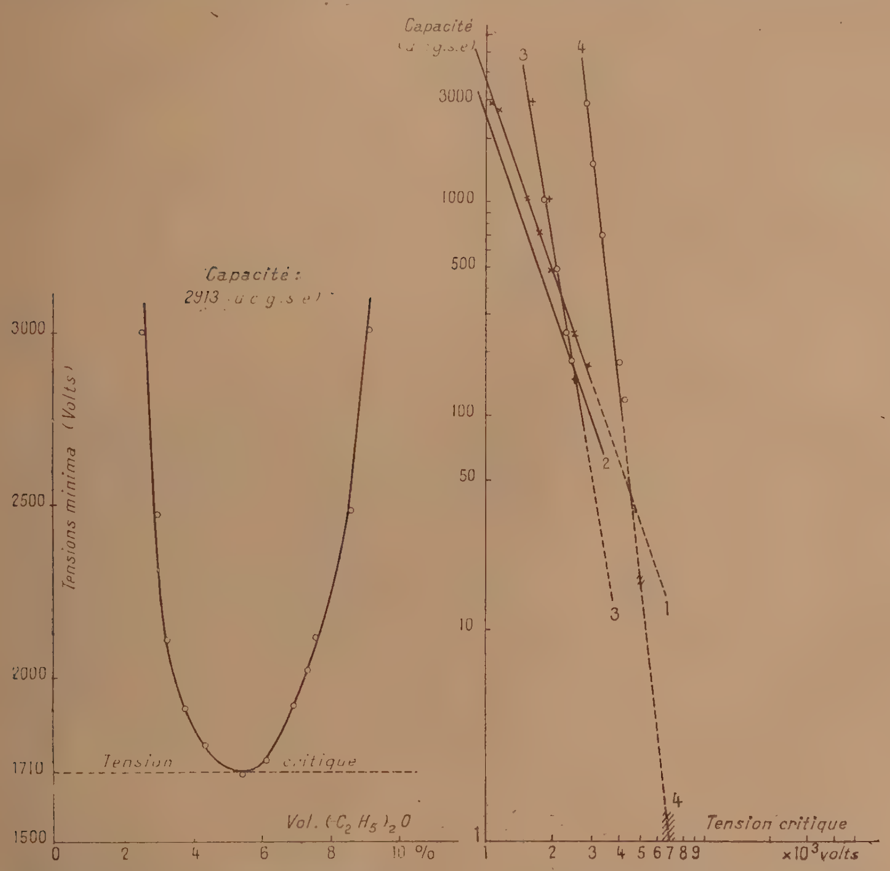


Fig. 1. — Variation de la tension minimum d'inflammation en fonction de la composition du mélange. (Capacité 2913 u.c.g.s.e.).

Fig. 2. — Caractéristiques des étincelles critiques. Étincelles produites entre : courbe 1, 2 pointes d'épingles; courbe 2, 2 pointes d'aiguilles fines; courbe 3, pointe d'épingle et boule (o), pointe d'épingle et plan (+); courbe 4, 2 boules ou 2 surfaces planes.

trique, joue également dans l'aspect quantitatif du phénomène un rôle très important, rôle particulièrement mis en relief par le tracé logarithmique des courbes de la figure 2. Celles-ci permettent d'établir entre les variables, capacité et voltage critique, des relations simples de

type $CV^x = \text{const.}$, avec $x = 3, 6, 9$, selon la forme des électrodes employées. Des expériences en cours ont pour but d'établir les limites d'extrapolation de ces lois et d'étudier leur généralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la fusion.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

La présente Note a pour but d'analyser certaines conditions physiques accompagnant le mécanisme de la fusion franche. Le rôle particulier du module de rigidité a déjà été souligné par M. Brillouin [1]. Sutherland [2] avait déduit de données expérimentales une relation empirique entre le module de rigidité μ, la température d'observation T et la température de fusion T_f

$$\mu = \mu_0 \left[1 - \left(\frac{T}{T_f} \right)^2 \right].$$

Cette loi permet non seulement de comprendre la très faible résistance du solide à une déformation par glissement près du point de fusion (M. Brillouin), mais encore de développer quelques points nouveaux qui sont les suivants.

I. La relation de Sutherland (ou toute loi pour laquelle μ tend vers zéro lorsque T tend vers T_f) montre que, lorsqu'on porte le solide à une température voisine de celle de fusion, on développe des tensions intérieures très importantes qui peuvent être de l'ordre des charges de rupture du solide.

Cette propriété se révèle par l'examen du terme de pression des ondes transversales d'agitation thermiques.

La relation suivante $p_t = \varepsilon_t\,(1/3 + \rho/V_t\; dV_t/d\rho)$ entre la pression p_t des ondes transversales, la densité d'énergie ε_t de ces ondes, de vitesse de phase V_t, (ρ densité), montre que p_t atteint des valeurs extrêmement grandes, et de manière extrêmement rapide lorsque T s'approche de T_f par valeur croissante

En effet on peut écrire, en prenant $V_t = \sqrt{\mu/\rho}$,

$$p_t = \varepsilon_t \left[-\frac{1}{6} + \frac{1}{2\chi\mu} \frac{d\mu}{dp_e} \right],$$

---

(1) M. Brillouin, *Ann. de Chimie et de Physique*, 7e série, 13, 1898, p. 264; *Journal de Physique*, 6e série, 1, 1920, p. 33.

(2) Sutherland, *Phil. Mag.*, 5e série, 32, 1891, p. 31, 215, 524.

en désignant par χ la compressibilité adiabatique et par p_e la pression extérieure.

La dérivée $d\mu/dp_e$ (prise à entropie constante) reste finie lorsque μ tend vers zéro, comme on peut le montrer en admettant que la relation de Sutherland renferme implicitement la dépendance de μ avec p_e par l'intermédiaire de la température de fusion T_f.

A des termes du second ordre près on a, en effet,

$$\frac{d\mu}{dp_e} = \frac{d\mu}{dT_f}\frac{dT_f}{dp_e} = 2\mu_0\frac{T^2}{T_f^3}\frac{dT_f}{dp_e}$$

qui reste finie pour $T = T_f$, et finalement

$$p_t = \varepsilon_t\left[-\frac{1}{6} + \frac{1}{\chi}\frac{\frac{T^2}{T_f^3}}{1-\frac{T_2}{T_f^2}}\frac{dT_f}{dp_e}\right].$$

Si dT_f/dp_e est positif, le solide est soumis à des efforts internes tendant à le rompre par dilatation lorsque $T \to T_f$. Si dT_f/dp_e est négatif, il est soumis à l'équivalent d'une pression extérieure très élevée qui tend à le faire fondre ou à le rompre à la faveur de la moindre anisotropie. De toute façon les actions mécaniques sont dans un sens tel que si elles se produisaient seules le solide tendrait à fondre. Cette conséquence explique l'absence de retard à la fusion.

La distinction récente établie par L. Brillouin [3] entre un module macroscopique μ_M et un module microscopique μ_m renforce les conclusions précédentes. D'après cet auteur, en effet, la rigidité μ_m applicable aux ondes de fréquence élevée, voisine de la fréquence de Debye, resterait finie. La rigidité macroscopique μ_M, valable pour les fréquences peu élevées, tendrait vers zéro à la fusion.

Ce seraient donc les ondes de fréquences peu élevées qui joueraient le rôle essentiel pour fournir une pression p_t très grande alors que la contribution des ondes de fréquences voisines de la limite de Debye resterait modérée.

II. En réalité la fusion franche ne peut être considérée en toute rigueur que pour le cristal, et l'évaluation précédente serait un effet de moyenne. On peut déduire de 1° des raisons permettant de comprendre l'existence stable de microcristaux (ayant le volume de quelques mailles élémentaires)

---

(3) *Phys. Review*, 54, 1938, p. 916.

à des températures supérieures à la température de fusion du cristal macroscopique.

En effet, lors de l'évaluation des pressions de radiation p_i du microcristal, on ne peut plus faire porter l'intégration relative à la densité d'énergie ε_i sur toutes les fréquences d'ondes comprises entre zéro et la fréquence maxima de Debye.

Les dimensions réduites du microcristal imposent *un seuil de fréquence minimum* d'autant plus élevé que le volume du microcristal est réduit. Cette circonstance a pour effet de diminuer de manière appréciable la valeur absolue de la pression intérieure p_i des ondes du microcristal. A titre d'ordre de grandeur la pression intérieure p_i du microcristal sera diminuée de $p_i(2/n^3)$, n^3 désignant le nombre de mailles élémentaires constituant le microcristal. Quel que soit le signe de $\partial T_f/dp_e$, cette circonstance permet à de très petits cristaux (de l'ordre de quelques mailles élémentaires) de présenter une température de fusion plus élevée de quelques degrés C. que celle du macrocristal, car les différences de pression peuvent porter sur quelques milliers d'atmosphères.

Ainsi se conçoit de manière simple la permanence, au sein du liquide, de microcristaux dont l'existence est fortement suggérée par divers phénomènes. La distinction faite par L. Brillouin s'accorde complètement avec cette conception, puisque $\mu_m > \mu_M$.

Bien entendu l'équilibre liquide-microcristaux, qui tend vers l'état *liquide parfait* par échauffement, pourra être plus ou moins complexe dans les cas assez nombreux de polymorphisme cristallin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Solutions solides du sesquioxyde cubique de fer obtenues par oxydation de magnétites substituées*. Note [1] de MM. **Jacques Bénard** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait que la magnétite peut fixer de l'oxygène en insertion dans son réseau en donnant naissance sans changement de structure à la variété cubique du sesquioxyde de fer [2]. Nous avons montré [3] la possibilité

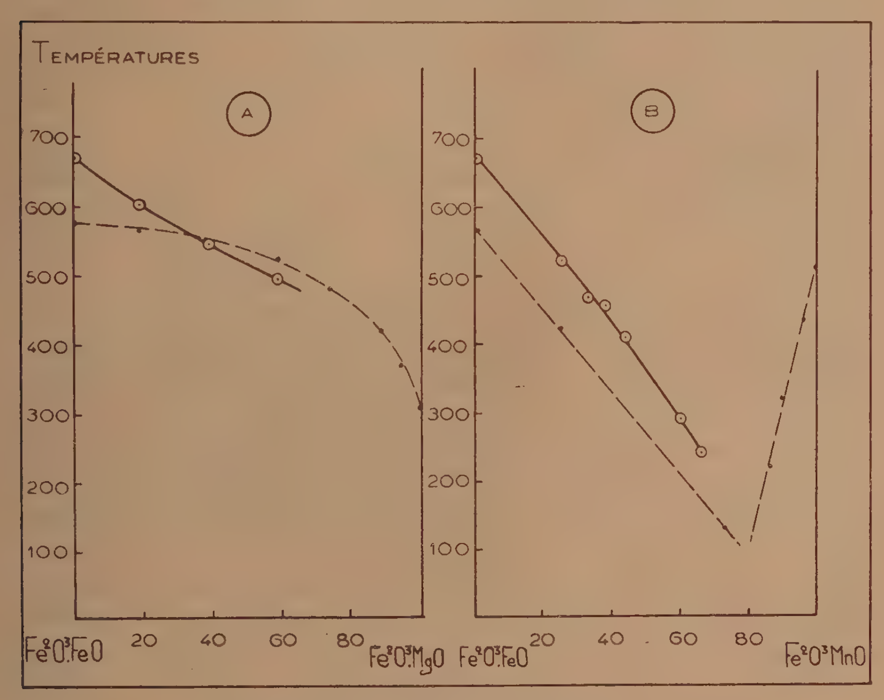
---

[1] Séance du 12 décembre 1938.

[2] Welo et Baudisch, *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 399, et Michel, *Thèse*, Paris, 1937, p. 104.

[3] J. Bénard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 766.

d'obtenir des magnétites substituées en remplaçant partiellement les ions ferreux de Fe^3O^4 par des ions métalliques bivalents (magnésium, manganèse, nickel et cobalt). Ces séries de solutions solides possèdent des points de Curie à des températures variables suivant la quantité d'ions étrangers qu'elles renferment (figure, courbes pointillées).



Points de Curie des magnétites substituées (— — —)
et des sesquioxydes cubiques substitués (———).

Nous montrons dans ce travail que l'on peut également oxyder ces magnétites substituées. La fixation de l'oxygène a lieu comme pour la magnétite pure sans changement de structure; elle donne naissance à du sesquioxyde de fer cubique dans lequel une partie du fer est remplacée par l'ion bivalent étranger. Cette substitution est mise en évidence par la variation du point de Curie du sesquioxyde cubique et par l'accroissement de sa stabilité. L'édifice cristallin d'un tel corps peut donc se déduire de l'édifice de la magnétite par une double opération :

a. Substitution partielle des ions Mg^{++} ou Mn^{++} aux ions Fe^{++}.

b. Insertion d'atomes d'oxygène dans le réseau de Fe^3O^4.

La quantité d'oxygène en insertion est déterminée par le nombre d'ions ferreux qui subsistent.

Nos expériences ont été conduites de la façon suivante :

Les magnétites substituées initiales sont préparées par mélange de la magnétite et des ferrites en proportions convenables et recuit sous vide vers 800°. La température du point de Curie est déterminée par l'analyse thermomagnétique et les paramètres cristallins par rayons X (Méthode de Debye-Scherer). Les cycles d'oxydation poussés jusqu'à des températures croissantes sont effectués dans l'analyseur thermomagnétique, ce qui permet de suivre toutes les étapes de la transformation.

Les premiers essais ont porté sur les magnétites substituées au magnésium. La température du point de Curie du sesquioxyde cubique diminue avec la teneur en magnésium jusqu'à 520° (voir la figure, courbe A). Pour les faibles teneurs en magnésium, l'oxydation est rapide à 500°; elle devient plus difficile pour les teneurs correspondant à une substitution comprise entre 1/3 et 2/3. Au delà, la température à laquelle on doit porter la magnétite substituée pour l'oxyder devient supérieure à la température limite de stabilité du sesquioxyde cubique : il n'est donc plus observé et l'on obtient directement le ferrite de magnésium.

L'oxydation des magnétites substituées au manganèse donne naissance à des solutions solides dont les points de Curie s'échelonnent entre 520 et 240° (voir la figure, courbe B). Pour les faibles teneurs en manganèse, le sesquioxyde cubique n'est pas encore stable et l'oxydation donne directement naissance au ferrite de manganèse identifié par son point de Curie à 520°. Lorsque la teneur en manganèse devient suffisante, le sesquioxyde cubique stabilisé apparaît et son point de Curie s'abaisse régulièrement.

Ces résultats constituent une généralisation des expériences (4) faites sur la stabilisation du sesquioxyde cubique de fer par mise en solution solide d'ions alcalins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un mode de décomposition de l'austénite.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Henri Jolivet**, présentée par M. Léon Guillet.

L'austénite, état stable à chaud des aciers, amenée par refroidissement à l'état instable, se décompose; les études, faites en condition isotherme,

(4) A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1191.

de cette décomposition, ont conduit à distinguer trois modalités correspondant à trois domaines thermiques de transformation séparés par des zones de stabilité relatives.

Au refroidissement, ces divers modes de transformation se manifestent par l'apparition d'anomalies désignées par Ar′, Ar″, Ar‴ dans l'ordre des températures décroissantes. Le domaine intermédiaire auquel correspond Ar″ peut être caractérisé à la fois par le processus de la transformation et la structure des produit formés.

L'étude de ce domaine dans les aciers hypo-eutectoïdes au nickel-chrome a conduit à la conclusion [1] que la transformation observée était due à la germination et à la cristallisation d'une ferrite sursaturée; celle-ci se décompose donnant naissance définitive à un agrégat ferrite-cémentite dont la structure est fonction des conditions de dépôt (vitesses de germination et de sursaturation).

L'objection a été faite que cette interprétation ne pourrait être étendue à des aciers eutectoïdes ou hypereutectoïdes. La notion d'eutectoïde s'applique seulement aux conditions voisines de l'équilibre. Lorsque, comme c'est le cas dans la transformation de ces austénites instables, on en est éloigné, des dépôts de ferrite sursaturée peuvent nettement être observés dans des aciers eutectoïdes ou hypereutectoïdes. Ces dépôts sont particulièrement nets dans la zone supérieure du domaine de transformation intermédiaire où les éléments de structure peuvent prendre un développement suffisant.

A titre d'exemple démonstratif on peut, dans un acier hypereutectoïde, réaliser, à une température légèrement supérieure à la température d'apparition de la perlite, un premier séjour isotherme correspondant au dépôt d'un réseau de cémentite proeutectoïde suivi, dans la partie supérieure du domaine intermédiaire, d'un second séjour isotherme correspondant au dépôt de ferrite sursaturée aciculaire; la masse de fond non transformée étant rendue martensitique par trempe à l'eau à la fin de ce séjour.

On peut aisément caractériser par l'examen micrographique les constituants qui se sont formés au cours de ces diverses étapes.

C'est ainsi que les figures 1 et 2 représentent les aspects observés dans un acier contenant : 0,78 pour 100 C; 2,85 pour 100 Ni; 0,75 pour 100 Cr,

---

(1) A. Portevin et P. Chevenard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 772; A. Portevin et H. Jolivet, *Ann. Acad. Sci. Techn. Varsovie*, 4, 1937, p. 177.

au grossissement de 1100 diamètres après attaque acide (*fig.* 1) ou attaque colorante au ferricyanure de potassium (*fig.* 2); dans cette dernière image, le réseau de cémentite est coloré en noir, alors que la ferrite reste incolore.

Ces échantillons ont été chauffés pendant 15 minutes à 900°, immergés



Fig. 1. — Attaque acide. × 1100. Réseau fin cémentite en relief, ferrite et fond martensitique non coloré.

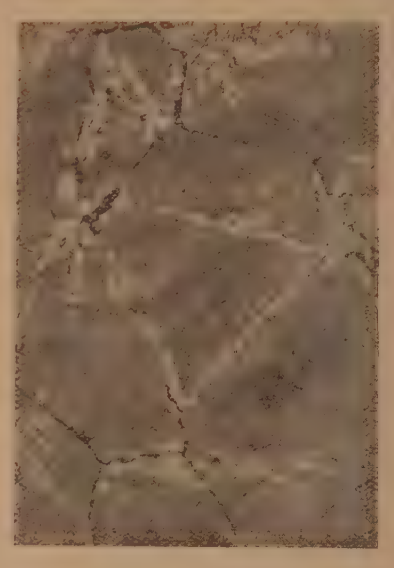


Fig. 2. — Attaque au ferricyanure. × 1100. Réseau cémentite noire, ferrite claire, fond martensitique coloré.

dans un premier bain métallique à 650° durant 30 minutes, dans un second bain métallique à 480° pendant 30 minutes, puis trempés à l'eau.

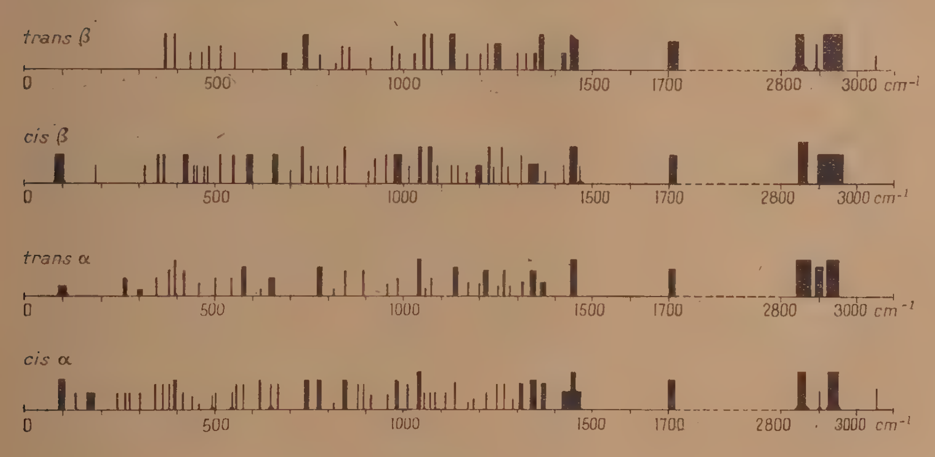
Il n'y a à aucun moment séparation simultanée ou alternative de particules de ferrite et de cémentite à partir de l'austénite comme dans la formation des agrégats, perlite et troostite nodulaire, et la ferrite sursaturée prend naissance, dans l'exemple cité, après une première précipitation de cémentite, alors que cela apparaît être la caractéristique de naissance des agrégats lors de la transformation dans le domaine Ar′.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres Raman des* cis *et* trans *décalones* α *et* β. Note (¹) de Mlle **Dinah Biquard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant des recherches sur les spectres Raman de certaines cétones en vue d'étudier l'influence de la cyclisation, j'ai été amenée à étudier les décalones α et β *cis* et *trans*.

Pour chacun de ces composés, deux clichés ont été obtenus, l'un sans filtre donnant l'excitation par les raies 4046,5 Å et 4358,3 Å du Hg, l'autre avec un filtre Noviol A de pyrex qui laisse passer l'excitatrice 4358,3 Å et absorbe complètement la raie 4046,5 Å.

Les spectres Raman des cétones *cis* sont plus riches en raies que ceux des



Spectres schématiques des décalones α et β.

isomères *trans* correspondants, ainsi que l'on pouvait le prévoir, les isomères *trans* présentant une plus grande symétrie que les dérivés *cis*.

Les fréquences de la raie caractéristique de la liaison C=O sont pour ces composés :

cis-α-décalone	1708 cm^{-1}
trans-α-décalone (surfusion)	1709
cis-β-décalone	1711
trans-β-décalone	1714

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

Les *cis* et *trans* β décalones et la *cis* α décalone ont été obtenues par oxydation des alcools correspondants ([2]). Ces alcools ont été préparés, par M. Palfray, par réduction catalytique de l'α et du β naphtol. La purification de ces cétones a été effectuée en les régénérant de leurs dérivés bisulfitiques au moyen d'une solution aqueuse diluée de soude (15 pour 100).

La *trans* α décalone a été préparée à partir de la *cis* α décalone par le mode opératoire suivant : la *cis* α décalone est chauffée pendant plusieurs heures avec une solution hydroalcoolique concentrée de soude (30^g de décalone avec 110^g de NaOH, 110^{cm^3} d'eau et 230^{cm^3} d'alcool à 95°). Contrairement à ce qu'indique Hückel ([3]), le produit obtenu par ce traitement n'est pas la *trans* α décalone mais un produit de réduction qui, par une oxydation ultérieure à l'aide d'acide chromique en solution acétique, fournit la cétone *trans* que l'on purifie comme les autres termes; la *trans* α décalone se prend en masse après la distillation ($P.Eb_{15mm}$ 113°; P.F. 33°).

Il est à remarquer que la simple distillation à la *pression ordinaire* du composé *cis* α ne m'a pas fourni le composé *trans* α comme le note Hückel ([3]) : en effet la distillation même répétée de la *cis* α décalone à la pression ordinaire n'a provoqué aucune modification des constantes physiques de cette substance et en particulier de son spectre Raman.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de rhodamines d'après leurs spectres d'absorption.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Marcel Délépine.

Si, en raison de l'intérêt que présentent les rhodamines en tant que colorants, de nombreux travaux ont été faits sur leur synthèse et sur leur comportement chimique, ceux qui concernent l'étude de leur structure sont restreints et leurs formules sont encore très discutées. Les sels sont ordinairement représentés par (I) ou par (II); les structures (III), (IV), (V), (VII) ont été proposées pour les bases (dans ces schémas les valences libres de N peuvent être saturées par des H ou par des radicaux mono-

(2) R. J. Tudor et A. I. Vogel, *Journ. Chem. Soc. London*, 1934, p. 1250-1253.
(3) *Liebig's Ann.*, 441, 1925, p. 23.

valents).

(I). $Ar\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4{=}N\langle Cl$; $C \backslash C^6H^4.CO^2H$

(II). $Ar\langle{}^{O\,-\,Cl}_{C}\rangle C^6H^4.N\langle$; $C \backslash C^6H^4.CO^2H$

(III). $Ar\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4.N\langle$; $C \backslash C^6H^4\text{—}CO$ (O relié à CO)

(IV). $Ar\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4{=}N$; $C \backslash C^6H^4.CO$ (N relié à CO)

(V). $Ar\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4{=}N\text{—}$; $C \backslash C^6H^4.CO^2H$

(VI). $C^2H^5.NH.C^6H^4\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4{=}N.C^2H^5$; $C \backslash C^6H^4.CO^2C^2H^5$

(VII). $Ar\langle{}^{O}_{C}\rangle C^6H^4{=}N\langle .OH$; $C \backslash CO\,OH$

L'étude des spectres d'absorption de ces substances n'avait été faite que sur quelques sels. Or, il se trouve que des mesures d'absorption ne permettent pas de déterminer la structure de ces sels car, quelles que soient les substitutions à l'N, aucune raison ne permet d'exclure l'une ou l'autre des formules (I) ou (II).

Il n'en est plus de même si l'on s'adresse à leurs bases. On peut alors, en effet, choisir des corps ayant des substituants tels qu'ils ne puissent exister que sous une seule forme. Les spectres des bases de structure bien déterminée étant ainsi connus, il devient possible de fixer la formule des sels d'après leur absorption. J'ai mesuré l'absorption de nombreuses rhodamines (sels et bases), J'ai constaté que :

1° *En solution aqueuse ou alcoolique, les sels ont la même absorption* (¹); *on peut en déduire qu'ils ont même structure* [voir figure 1 les courbes de la

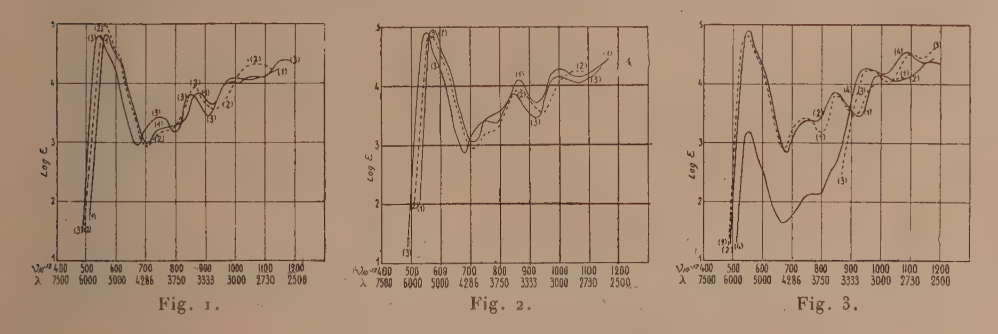


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

diéthylrhodamine symétrique (1), de son ester (2) et de la tétraéthylrhodamine (3), en solution alcoolique].

2° *Chacune des bases étudiées possède, dans l'alcool, un spectre semblable*

(¹) Compte tenu du nombre et de la nature des substitutions.

à celui de son sel. Il s'ensuit que, dans ce solvant, le sel et la base ont la même structure [sur la figure 2 se trouvent les courbes des bases : de la diéthylrhodamine (1), de son ester (2) et de la tétraéthylrhodamine (3), en solution alcoolique].

3° *Les bases hydratées existent sous deux formes transformables l'une en l'autre réversiblement : l'une colorée possède, dans l'alcool, le même spectre que son sel; l'autre incolore se trouve à l'état presque pur dans l'éther et le benzène. Ces deux formes sont présentes en quantités notables dans* Cl^3CH [voir figure 3 les courbes de la tétraéthylrhodamine (1) et de sa base dans l'alcool (2), dans l'éther (3), dans $CHCl^3$ (4)].

4° *Les bases anhydres qui ne peuvent s'isomériser* (l'ester VI par exemple) *restent colorées dans tous les solvants essayés.*

L'ensemble de ces résultats entraîne les conclusions suivantes :

Le fait que, en solution alcoolique, les sels, les bases et leurs esters ont des spectres semblables conduit à leur attribuer une même structure. Comme les esters ne peuvent avoir que la forme para quinonique (VI), il s'ensuit que, en utilisant les formules ordinaires de la chimie organique, on doit admettre que les sels, les bases anhydres colorées, les bases hydratées colorées ont respectivement les structures paraquinoniques : (I), (VI), (VII). Pour les bases incolores anhydres on peut admettre la forme lactonique (VIII) et pour les bases incolores hydratées la structure carbinolique (IX). La transformation réversible de la base hydratée colorée en base hydratée incolore, puis en base anhydre incolore, peut être représentée par le schéma

Ar<(O)>C(C^{6}H^4.N<)(C^{6}H^4<(O)>CO) (VIII) $\underset{+H^2O}{\overset{-H^2O}{\rightleftarrows}}$ Ar<(O)>C(C^{6}H^4.N<)(OH)(C^{6}H^4<COOH) (IX) $\rightleftarrows$ Ar<(O)>C=C^{6}H^4=N<(OH)(C^{6}H^4<COOH) (VII).

(VIII). (IX). (VII).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Réactions de scission dans la série dinaphtylée symétrique.* Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai fait connaître [1] la constitution la plus probable des colorants de Pechmann et j'ai indiqué le mécanisme de l'action des alcalis condui-

---

(1) *Annales de Chimie*, 11e série, 9, 1938, p. 447.

sant, par hydrolyse et ouverture des cycles lactoniques, à certains dérivés acides. Je poursuis l'étude entreprise et la présente Note concerne les résultats obtenus dans la série dinaphtylée symétrique.

Le colorant di-β-naphtylé, $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{2}O^{4}]-C^{10}H^{7}$ (²), rouge violacé (F. 361°), est attaqué à la température ordinaire, et mieux encore à 60°, par la potasse alcoolique à 10 pour 100. Il se forme le sel dipotassique de l'acide dihydraté : $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{4}O^{6}K^{2}]-C^{10}H^{7}$.

Ce sel, violet foncé, à reflets verdâtres, est à peine soluble dans les solvants usuels, tels les alcools méthylique et éthylique, et est pratiquement insoluble dans l'eau. Il conduit à l'acide monohydraté ou à l'acide dihydraté, selon le traitement auquel on le soumet.

a. Traité par un mélange froid d'acide acétique et d'alcool éthylique, il se dissout en se transformant en acide monohydraté $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{4}O^{5}]-C^{10}H^{7}$; on peut mettre à profit le très court espace de temps, de l'ordre de quelques secondes, qui sépare la dissolution du sel de la cristallisation de l'acide, pour éliminer par centrifugation les quelques cristaux de colorant initial que l'attaque alcaline a pu épargner.

L'acide monohydraté, jaune, est purifiable par cristallisation par chaud et froid dans l'alcool méthylique. On l'obtient pur, fondant instantanément au bloc d'or à 277°. Il perd une molécule d'eau sous l'action de la chaleur ou à l'ébullition avec de l'anhydride acétique en régénérant le colorant rouge initial (F. du produit régénéré 360°; mêmes spectres d'absorption).

b. Les solutions hydro-alcooliques du sel dihydraté (à défaut des solutions aqueuses) évoluent spontanément dès la température ordinaire, et cette évolution se manifeste par un virage au jaune de leur teinte rouge initiale. Pendant cette décoloration, relativement rapide, on peut recueillir en acidifiant un mélange d'acides monohydraté et dihydraté, puis, ultérieurement, de l'acide dihydraté pur $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{6}O^{6}]-C^{10}H^{7}$.

Il est bon, pour saisir le moment exact où il convient d'acidifier en vue de l'obtention de ce dernier produit, de contrôler, à intervalles de temps rapprochés, toutes les deux ou trois minutes, par exemple, et sur 1^{cm^3} de solution, la pureté de l'acide formé : rassemblé dans une goutte d'éther et chauffé en présence d'anhydride acétique, il doit donner une solution jaune où les bandes d'absorption caractéristiques du colorant initial ont disparu, indice très sensible de l'absence de l'acide monohydraté.

(²) Pour la compréhension des formules simplifiées, voir P. Chovin, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 360.

L'acide dihydraté, recristallisé dans l'alcool méthylique, fond instantanément à 305°. Chauffé seul ou en présence d'anhydride acétique, il perd deux molécules d'eau et se transforme en un isomère du colorant initial $C^{10}H^{7}—[C^{8}H^{2}O^{4}]—C^{10}H^{7}$ non plus rouge, mais jaune, et dont les solutions, particulièrement les solutions benzéniques, ont une fluorescence verte marquée.

Cet isomère fond instantanément à 372° sans subir de décomposition. Il est très peu soluble dans les solvants usuels; il résiste à l'action de l'acide nitrique dilué, alors que le colorant rouge est transformé dans ces conditions en un dérivé acide oxydé incolore. Cette circonstance autorise, non pas la séparation des deux produits, impossible par cristallisation fractionnée, mais tout au moins l'isolement du jaune après destruction du rouge.

Les réactions qui viennent d'être décrites, outre qu'elles font connaître plusieurs dérivés nouveaux, tendent à confirmer l'interprétation que j'avais donnée du mécanisme général de l'hydrolyse alcaline des colorants de Pechmann [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence des bromures de glucinium, de magnésium, de zinc et de cadmium dans la bromuration du benzène.* Note de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les propriétés catalytiques du bromure de glucinium ayant été antérieurement signalées [1], je me suis proposé de les comparer à celles des bromures de magnésium, de zinc et de cadmium, métaux de la colonne II du tableau de Mendeleeff.

Dans un ballon surmonté d'un entonnoir à brome et relié à un réfrigérant ascendant étaient introduits le bromure métallique pulvérisé (en quantité variable), du benzène (86g), puis lentement du brome (160g). Appareil et substances étaient exempts d'humidité. Le ballon se trouvait placé sur un bain-marie maintenu à l'ébullition et l'écoulement du brome dans le benzène bouillant durait vingt minutes. L'opération s'effectuait à la lumière diffuse. Pour suivre la marche de la réaction, l'acide bromhydrique dégagé était dissous dans l'eau d'un ballon placé sur un des plateaux d'une balance.

---

[1] M. F. Taboury et R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 328; R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1795; 204, 1937, p. 1202 et 1347.

Les bromures métalliques utilisés ont été préparés en faisant agir les vapeurs de brome sur le métal au rouge; dans le cas du bromure de glucinium, le brome était entraîné par un courant d'hydrogène sur le glucinium maintenu entre 400 et 450°.

Le tableau suivant indique quelques-uns des résultats obtenus en faisant varier la nature et la masse du bromure, toutes choses égales d'ailleurs.

Temps en minutes.	Poids d'acide bromhydrique dégagé, en grammes. Sans catalyseur.	Br^2Gl $4^g = 0^{mol},024$.	Br^2Mg $25^g = 0^{mol},136$.	Br^2Zn $20^g = 0^{mol},089$.	Br^2Cd $20^g = 0^{mol},073$.
2......	0	3	0	0	0
5......	0	15	0	0	5
10......	0	33	0	3	15
15......	1	53	0	5	27
20......	2	73	1	8	41
22......	–	79	–	–	–
25......	–	80	–	–	–
30......	3	–	3	15	61
40......	4	–	5	23	69
50......	5	–	7	30	72
60......	7	–	10	37	74
75......	9	–	13	44	76

Ces halogénures sont donc des catalyseurs de bromuration du benzène, mais ils possèdent des activités très différentes. Alors que 4^g de bromure de glucinium provoquent le dégagement presque théorique d'acide bromhydrique en 25 minutes, des quantités supérieures des autres bromures n'ont pas permis d'obtenir une réaction totale, même au bout de 75 minutes. Ainsi le bromure de magnésium a une influence à peu près nulle : le bromure de zinc favorise légèrement la bromuration, tandis que le bromure de cadmium est plus actif. Ils se classent de la façon suivante par ordre d'activité catalytique croissante :

$$Br^2Mg,\quad Br^2Zn,\quad Br^2Cd,\quad Br^2Gl.$$

Après les traitements ordinaires, il a été recueilli les masses indiquées ci-après de monobromobenzène bouillant de 154°,5 à 155°,5 :

Sans catalyseur.	Br^2Mg.	Br^2Zn.	Br^2Cd.	Br^2Gl.
8^g	9^g	$41^g,9$	68^g	$76^g,5$

Ces corps favorisent en outre la formation de paradibromobenzène et se classent d'une façon analogue. Ainsi, en utilisant 39^g de benzène au lieu

de 85^g, toutes choses égales par ailleurs, les masses suivantes de paradibromobenzène ont été obtenues :

Sans catalyseur.	Br^2Mg.	Br^2Zn.	Br^2Cd.	Br^2Gl.
0^g,3	1^g	8^g	36^g	48^g

En résumé, les bromures des métaux du groupe du glucinium ont une activité catalytique fonction croissante de la masse atomique du métal, sauf dans le cas du glucinium, qui occupe la tête de la colonne II, et qui se distingue ici encore des trois autres métaux de son groupe.

GÉOLOGIE. — *Au sujet de l'Oligocène et du Burdigalien en Syrie.* Note [1] de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Nummulitique de la région de Palmyre, calcaire et crayeux, est couronné d'un banc crayeux à *Schizaster Parkinsoni*, puis de sables rouges avec lumachelle à *Eulepidina elephantina*. Ces niveaux, en raison de l'identité de la faune échinitique du premier avec celle du Burdigalien classique de Malte, ont été attribués au Burdigalien [2], bien que *E. elephantina* et son cortège de grands Foraminifères fussent habituellement considérés comme oligocènes.

L'examen de l'ensemble des faunes [3] et une corrélation plus serrée entre leurs gisements infirment cette attribution d'âge.

1° A la Grotte à la Hyène, les Échinides du premier niveau (dont 5 espèces de Malte), *Schizaster Parkinsoni* Defr., *Opissaster Scillæ* Wright, *Lovenia Gauthieri* Cott., *Pericosmus coranguinum* Greg., *P. Agassizi* Sismonda, sont accompagnés de Pectens oligocènes : *P. arcuatus* Br., *Flabellipecten oligoflabellata* Sacco, *Chlamys deleta* Mich., *Ch. quinpartita* Bl., *Ch. oligosquammosa* Sacco, *Ch. judaica* Cox.

2° A Debba, la lumachelle à *E. elephantina* contient des *Nummulites Bouillei* de la H. trouvés au lavage.

3° Sur la vieille piste Soukhné-Deir-ez-Zor, près de Tell-el-Zouéhé, la craie à *S. Parkinsoni* contient *N. Bouillei-Tournoueri* de la H. et *N. vascus* Jol. et Leym. et la lumachelle à Lépidocyclines : *N. Bouillei-Tournoueri* de la H., *Heterostegina præcursor* Tan, *H. costata* d'Orb., *Cycloclypeus* sp., *Operculina complanata* Defr. et var. *Zitteli* Silv., *Amphistegina Lessoni* d'Orb., enfin *Brissoides melitensis* Wright (espèce de Malte), fragments de Scutelles et *Ostrea Virleti* Desh.

---

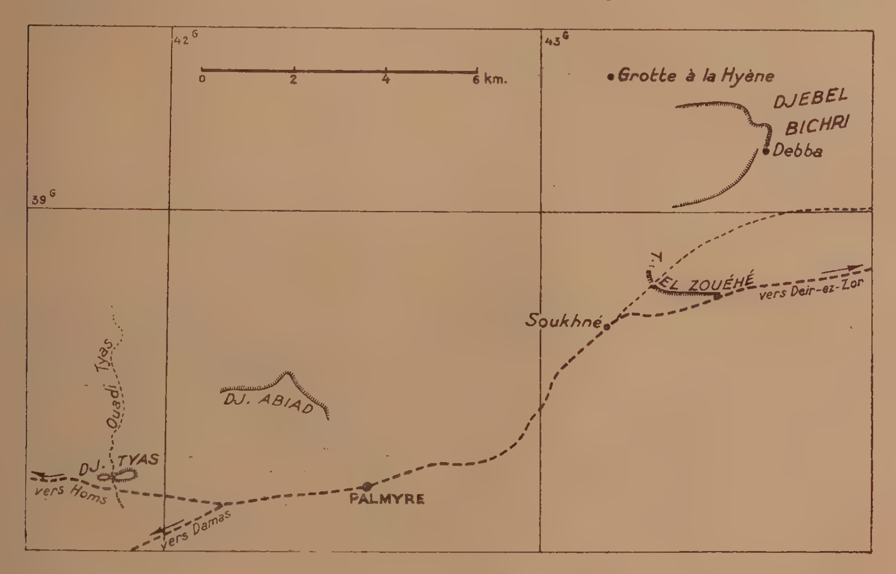
(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) L. Dubertret, A. Keller et H. Vautrin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 100.

(3) Les Foraminifères et Pectens cités ont été déterminés par Mme R. Dubertret et MM. F. Roman, L. Doncieux et J. Roger.

4° Au Djebel Abiad les calcaires crayeux éocènes passent, sans changement lithographique, à des couches à Algues et Eulépidines, couronnées d'une lumachelle à *E. dilatata* Mich., *N. Fichteli* Mich. ([4]), *O. complanata* et var. *Zitteli*, *S. Parkinsoni* Defr., *Clypeaster Martini* Desm., fragments de Scutelles, Polypiers divers et *O. Virleti*; puis suivent des sables rouges d'allure torrentielle.

5° Au Djebel Tyas, les calcaires crayeux de l'Éocène supérieur passent à des argiles vertes à *P. arcuatus*, puis à des grès se terminant par une lumachelle à *P. arcuatus*, *Ch. oligosuammosa*, *Chl. Martini*, *Scutella subrotundæformis* Schaur. et *Echinolampas* cf. *Richardi* Ag. Dans une brèche grossière, aux mêmes formes s'ajoutent *O. Virleti* Desh., *Meretrix erycinoides* Lmk. *Tapes* af. *vetulus* Bast., *Lyria* cf. *aturensis* Peyr., *Cypræa* af. *Brocchii* Desh., *Ptychocerithium Bronni* Partsch, et de gros moules de Gastéropodes.



Un petit banc calcaire susjacent contient encore une faune oligocène : *Ch. deleta* Mich., *P. arcuatus*, *Cardium* af. *girandicum* May., *Trachycardium multicolpatum* Cos. et Peyr., *Meretrix erycinoides* Lmk., *Pyrula condita* Brongn., etc.

Vers l'Ouadi Tyas, à 4^{km}, la lumachelle et la brèche passent latéralement à un banc de calcaire crayeux à Eulépidines, Operculines et *N. Bouillei-Tournoueri*.

La présence constante de Nummulites, dont l'état exclut l'idée d'un remaniement, ainsi que de *Pectens* oligocènes dans le niveau à *S. Parkinsoni* et dans la lumachelle à *E. elephantina*, en établit indiscutablement l'âge oligocène et modifie la signification stratigraphique d'une partie de la faune echinitique de Malte.

([4]) Trouvé par N. Vautrin.

L'Oligocène (en y comprenant l'Aquitanien), dont l'identification a été lente, en raison de ses changements de faciès et des distances entre les lieux d'observation, s'avère comme l'un des étages les plus étendus de la Syrie. Annonçant l'immersion à la fin du Nummulitique, il est représenté par des faciès néritiques d'une extraordinaire richesse en faunes, ainsi qu'en témoignent les citations ci-dessus.

Le Burdigalien, par contre, n'a pas encore été découvert; sans doute correspond-il à une phase d'émersion, car c'est communément l'Helvétien qui constitue la base du Néogène.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Nummulitique à Pondichéry (Inde française).* Note de MM. **Raymond Furon** et **Paul Lemoine**, présentée par M. Charles Jacob.

L'Inde orientale française (Pondichéry) possède des gîtes fossilifères crétacés, qui sont connus sous le nom de couches d'Arriyalur et de Ninniyur, c'est-à-dire correspondant au Campanien-Maëstrichtien-Danien.

A Pondichéry, le Crétacé émerge au milieu des sables et grès de Cuddalore, lesquels ne contiennent que des bois silicifiés d'âge inconnu (¹). Affecté d'un pendage Est, le Crétacé disparaît en profondeur en direction de l'Océan Indien, caché par les alluvions du grand delta de la Cauvery. Les affleurements crétacés de l'Inde méridionale dessinent une auréole, dont la limite Nord est située entre Pondichéry et Madras, qui s'enfonce vers l'Ouest un peu au delà de Trichinopoli et que nous appellerons *auréole de Karikal* du nom de la ville qui en occupe le centre géographique, à l'extrémité orientale du delta actuel de la Cauvery.

Du Tertiaire marin, on ne connaissait rien d'autre que le Pliocène de Karikal (²), découvert accidentellement et provenant d'un forage exécuté en 1884. Les fossiles décrits auraient été trouvés entre 115 et 145^{m} de profondeur.

Au cours de la révision méthodique des vieilles collections de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle, il a été retrouvé des matériaux qui proviennent de sondages (de 150 à 180^{m}) exécutés dans ce qu'on appelait les *alluvions* de Pondichéry. Une collection comporte un Calcaire

(¹) H. Léveillé, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 18, 1889-1890, p. 114.

(²) Cossmann, *J. Conchyliologie*, 48, 1900, p. 14; 50, 1902, p. 105.

à *Assilina*, l'autre un Grès à *Orthophragmina*. Ces matériaux, ignorés jusqu'ici, présentent un intérêt considérable.

Les Assilines, remplies d'une matière bitumineuse, sont des *Assilina granulosa*. C'est une espèce lutétienne, connue dans l'Éocène moyen du Sind et du Béloutchistan vers l'Ouest, des îles Andaman et de la Birmanie vers l'Est (³), de Madagascar au Sud (⁴).

Les Orthophragmines sont des *Discocyclina Pratti* (*Orbitoides papyracea* des anciens auteurs), de petite taille, beaucoup plus petites que celles recueillies par l'un de nous (R. F.) dans les calcaires oligocènes du Béloutchistan, où elles accompagnent les dernières Nummulites. Ces couches, dites de Nari, se retrouvent à la base de l'Oligo-Miocène pétrolifère de Pegu, en Birmanie. La même espèce est également connue à Madagascar (⁴).

Le Nummulitique marin existe donc à Pondichéry, représenté par l'Éocène moyen et par un terme supérieur (Bartonien ou Stampien).

Il n'est pas déraisonnable de penser que la série miocène doit exister, au moins à Karikal, au-dessous du Pliocène. On connaît du Miocène marin sur les rives du détroit indo-cinghalais (⁵), aussi bien qu'à Quilon (Travancore, Côte de Malabar). Il y a là les traces d'une transgression vindobonienne, plus exactement tortonienne. Les auteurs anglais la datent avec hésitation à cause de la position stratigraphique incertaine d'*Ostrea Virleti*, signalée tantôt dans le Burdigalien, tantôt dans le Tortonien. En réalité, *Ostrea Virleti* n'existe que dans le Tortonien, précédée dans le Burdigalien par *Ostrea prae-Virleti*, beaucoup plus triangulaire et à plis moins marqués. Ce Tortonien indo-cinghalais contient également *Orbiculina malabarica*, des Clypéastres, des Lamellibranches et des Gastropodes, dont certains sont connus du Pliocène de Karikal. D'autre part, la faune est la même que celle du Tortonien de Birmanie.

Conclusions. — Les alluvions du delta de la Cauvery ont dissimulé la nature réelle de l'auréole de Karikal.

Le fait nouveau (découverte d'une série nummulitique dans les sondages de Pondichéry) permet de reconnaître la succession suivante, de la base au sommet :

(³) G. H. Tipper, *Mem. Geol. Survey India*, 35, 1911, pt. 4, p. 1; H. L. Chhibbér, *The Geology of Burma*, 1934.

(⁴) P. Lemoine, *Études géologiques dans le nord de Madagascar. Contributions à l'Histoire géologique de l'Océan Indien*. Paris, 1906.

(⁵) E. J. Wayland et A. M. Davies, *Quart. J. Geol. Soc. London*, 79, 1923, p. 577.

a. série cristalline et cristallophyllienne (Précambien);
b. Cénomanien-Turonien de Trichinopoli;
c. Campanien-Maestrichtien-Danien de Pondichéry;
d. Éocène moyen à *Assilina granulosa*, de Pondichéry;
e. Bartonien-Stampien à *Discocyclina Pratti* de Pondichéry;
f. Miocène marin du détroit indo-cinghalais et de Birmanie;
g. Pliocène inférieur de Karikal.

Au point de vue paléogéographique, on voit dès maintenant le rôle insoupçonné de la région de Karikal, en liaison directe avec l'Assam et la Birmanie.

On a remarqué les relations qui existent entre les faunes crétacées de Madagascar et celles de Pondichéry ([6]). L'un de nous ([4]) a exposé les grandes lignes de l'histoire géologique de l'Océan Indien.

Les nouveaux documents permettent d'ajouter que le Golfe du Bengale existait bien dès le Crétacé et que son étendue ne s'est pas modifiée au cours du Nummulitique. La péninsule indo-malgache s'est trouvée rompue à une époque qui remonte probablement au Crétacé supérieur, mais il apparaît que l'insularité de Ceylan et le tracé des côtes actuelles de l'Inde tout à fait méridionale ne sont certains qu'à partir du Miocène.

L'étude géologique des Établissements français de l'Inde, actuellement à peu près inexistante, semble devoir réserver des surprises.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains triasiques de la partie moyenne du département du Var.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. François Grandjean.

La partie moyenne du département du Var, s'étendant au nord du massif de terrains cristallins des Maures et de la zone permienne de la dépression de Cuers, de la plaine de l'Argens et de l'Estérel, jusqu'aux hauts plateaux de calcaires jurassiques qui s'étalent aux confins des Basses-Alpes, présente pour une partie importante de sa surface une structure que ne peut laisser soupçonner la première édition de la feuille *Draguignan* de la Carte géologique au 1/80000e. Si, en effet, sur celle-ci les terrains jurassiques ont été minutieusement distingués et traduisent un régime tectonique compliqué, par contre la série triasique y a été figurée, presque

(6) H. Douvillé, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 4, 1904, p. 207.

en entier, sous une teinte plate uniforme, correspondant au Muschelkalk, qui occupe de larges surfaces, en particulier une très grande zone s'étendant avec une direction générale WSW-ENE tout au travers de la feuille depuis son angle nord-est (environs de Fayence) jusqu'en son bord occidental, où elle est rejointe vers Tourves par la célèbre *bande triasique de Barjols*, orientée tout autrement et provenant de l'angle nord-ouest de la feuille (environs de La Verdière). Cette figuration du Trias peut évidemment donner l'illusion d'un régime tabulaire ou, du moins, d'une extrême simplicité structurale, contrastant avec l'allure tectonique compliquée qui apparaîtrait dès qu'on passerait du Trias à sa couverture de terrains jurassiques, ce qui serait évidemment anormal, car l'inverse serait, *a priori*, plus naturel.

En outre, en nous bornant ici à la longue et large zone triasique qui s'étend au nord du Permien, avec une direction provençale typique WSW-ENE, l'apparition d'une étroite bande rectiligne de couches jurassiques très redressées et fortement pincées traversant en écharpe cette zone avec une direction NW-SE pour aboutir au bord même du Permien au Cannet-du-Luc, suivant un accident structural duquel ont discuté maints géologues provençaux, serait évidemment fort étonnante si cet accident devait rester isolé, comme cela résulterait de la figuration en question.

Mais il paraît manifeste que l'auteur de l'ancienne carte n'a guère été tenté par la monotonie apparente du pays triasique, aux collines cultivées ou souvent boisées, d'y faire des levés détaillés dans le complexe de calcaires, dolomies et cargneules surmontant la série gréseuse du Trias inférieur, laquelle ne se montre guère qu'en un étroit liséré au contact des schistes permiens ou, lorsque ceux-ci font défaut (bordure du massif cristallin de Tanneron), des roches granitiques formant le substratum du Trias et qui ont d'ailleurs fourni les éléments de ces grès.

Cependant, grâce au faciès très caractéristique des calcaires du Muschelkalk et à leur stratification en général bien apparente, il est assez facile de distinguer et suivre dans ce complexe une première série dolomitique inférieure à ces calcaires, se montrant souvent dans l'axe des anticlinaux de Muschelkalk. Inversement la série classique des cargneules et gypses du Trias supérieur est souvent conservée dans la partie axiale des synclinaux, quoique le Keuper n'ait été indiqué que rarement sur l'ancienne carte, et encore en lui attribuant le plus souvent des dépôts alluviaux et de ruissellement formés dans des dépressions correspondant à un ancien réseau

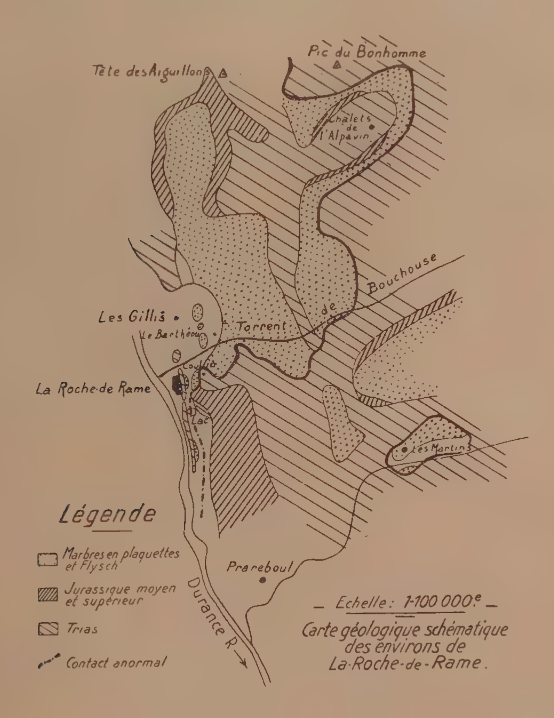
hydrographique et ne coïncidant pas nécessairement avec les synclinaux. En outre, ces derniers contiennent parfois du Rhétien et de l'Hettangien non indiqués sur l'ancienne carte.

Il me faut signaler ici que la notion d'un décollement dans la série triasique, que j'ai émise depuis longtemps, ainsi que M. Lutaud, d'après des constatations faites dans la bordure de la zone permienne, est corroborée par le fait que les grès bigarrés paraissent liés tectoniquement à leur substratum (schistes permiens ou roches plus anciennes), tandis qu'ils ne se montrent pas dans les anticlinaux très pincés du Muschelkalk, qui ne semblent pas les avoir intéressés. En effet, l'ancienne carte a bien figuré, et cela a été reproduit dans une carte récente, vers le bord ouest de la feuille, entre Bras et Tourves, quelques étroites bandes de Trias inférieur, perçant au travers du Muschelkalk; mais il s'agit, en réalité, d'une formation bien stratifiée *reposant sur le Muschelkalk* dans quelques synclinaux et devant être considérée comme un ancien *tuf volcanique*, très décomposé, mais semblant provenir d'une éruption basique produite en une localité assez voisine, au Trias supérieur, dont les produits de projection ont été stratifiés dans la lagune du Keuper en même temps que les dépôts normaux de celui-ci. L'analyse sommaire d'un échantillon de ce tuf pépéritique, pris en surface, a donné une teneur d'environ 30 pour 100 en silice et 20 pour 100 en alumine + oxydes de fer, avec beaucoup de calcite et sans quartz.

Revenant à l'accident du Cannet-du-Luc, je me bornerai ici à indiquer que la bande synclinale de Jurassique et le chevauchement de Trias qui longe son bord nord-est s'encadrent dans un système de plis parallèles, tous dirigés NW-SE, qui est très développé, en particulier, sur toute la largeur de la zone triasique jusqu'à la vallée du Nartuby. Mais il faut observer que certains de ces plis se comportent comme le prolongement, par un changement complet de direction, de plis provenant de la région de Brignoles avec une orientation provençale typique, qui est aussi celle de la direction générale de la zone triasique plissée très obliquement par le faisceau en question. D'ailleurs l'allure capricieuse des plis assez serrés qui affectent le Trias dans toute cette région varoise est caractérisée par de tels passages, parfois très brusques, de la direction provençale à celle que l'on peut dénommer alpine (sans attribuer nécessairement à ces deux dénominations une signification chronologique). Un exposé plus précis montrera d'ailleurs que cette allure du Trias se place bien dans le cadre général de la tectonique de la région.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique de la rive gauche de la Durance aux environs de La-Roche-de-Rame (Hautes-Alpes) et ses rapports avec les nappes du Guil.* Note (¹) de M. **F. Blanchet.**

Les calcaires triasiques qui descendent de la Tète des Aiguillons (2527^m) vers le Sud, sont surmontés par des *Marbres en plaquettes* et du Flysch avec grès bien développés. Ils paraissent border à la Roche-de-Rame la lèvre abaissée d'une faille dont l'autre lèvre formerait les escarpements qui s'étendent à l'Est du petit lac de la Roche. Mais le pointement de calcaires triasiques qui domine immédiatement le lac au Nord-Est et qui s'étend en



Carte géologique schématique des environs de La-Roche-de-Rame.

direction Nord-Sud sur une longueur de 150 à 200^m, se relie d'une part à l'escarpement précité et s'avance d'autre part sur les Marbres en plaquettes. De même près du hameau de Coulin, on a un affleurement

(¹) Séance du 12 décembe 1938.

semblable qui atteint près de 300^m de long. Enfin, au Sud-Est du Barthéou, il existe également un éperon triasique reposant sur les Marbres en plaquettes. Ces diverses identifications témoignent que ces escarpements ne sont pas dus à une faille mais marquent le bord d'une nappe dont l'extension primitive vers le Nord a dû être notable.

On tire d'ailleurs une preuve décisive de l'existence de cette nappe dans l'examen des calcaires triasiques qui traversent la route nationale à la sortie méridionale du village de La Roche-de-Rame. Ils forment là une barre rocheuse étroite, de direction Nord-Sud, qui domine la voie ferrée au nord de la gare P.-L.-M.; on y observe des assises bien litées de calcaires triasiques typiques comportant vers leur partie supérieure des intercalations bréchiques analogues à celles que j'ai décrites, plus au Sud et au même niveau dans les montagnes d'Escreins.

L'ensemble est fortement incliné vers l'Est où il est recouvert transgressivement et *sans intercalation de Malm* par les couches rouges de base des marbres en plaquettes; celles-ci remplissent en effet sur le bord même de la route, de profondes cavités creusées dans les calcaires triasiques par les érosions antésénoniennes; à l'est de la route et à l'entrée du village, la transgression est également très nette et la liaison de ces marbres en plaquettes avec ceux qui supportent les îlots triasiques indiqués ci-dessus, est indiscutable.

Au Sud du Lac, cette bande inférieure de calcaires triasiques s'enfonce sous le Trias des escarpements orientaux qui est surmonté à son tour par du Malm typique avec ses deux niveaux caractéristiques : calcaires amygdalaires du type de Guillestre à la base et calcaires roses fins à Calpionelles au sommet.

On ne se trouve pas là en présence d'un simple repli, car, à 3 ou 4^{km} au Sud-Est de La Roche, dans le fond du vallon du torrent de Pra-Reboul, près des Martins et de l'Adroit, une *fenêtre* laisse apercevoir à travers les calcaires triasiques de notre série supérieure, la couverture crétacée (Marbres en plaquettes) et tertiaire (Flysch) de la série inférieure.

Notre série supérieure se poursuit d'ailleurs au Sud à peu près sans interruption sur le flanc occidental de la Montagne de Roc-Saphie et vient aboutir sur la rive droite du Guil près du village du Gros. C'est elle qui constitue la nappe supérieure du Guil. Nous retrouvons donc aux environs de La-Roche-de-Rame une structure tectonique identique à celle des environs de Guillestre. Le contact entre les deux nappes y est très net; il suit, sur la rive gauche du torrent de Bouchouse, une ligne sinueuse le

long de laquelle on voit en plusieurs points les grès du Flysch bien développés de la série inférieure, s'enfoncer sous le Trias de la série supérieure.

Enfin, au voisinage du hameau des Combes, la ligne de contact anormal s'infléchit vers le Nord, passe au Sud de La Bouchière et se dirige à nouveau vers l'Est pour décrire une courbe profonde passant à l'Est des chalets de l'Alpavin et au pied du Pic du Bonhomme.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur le régime des sables de l'estuaire de la Seine*. Note de M. **Bogdan Rajčević**,

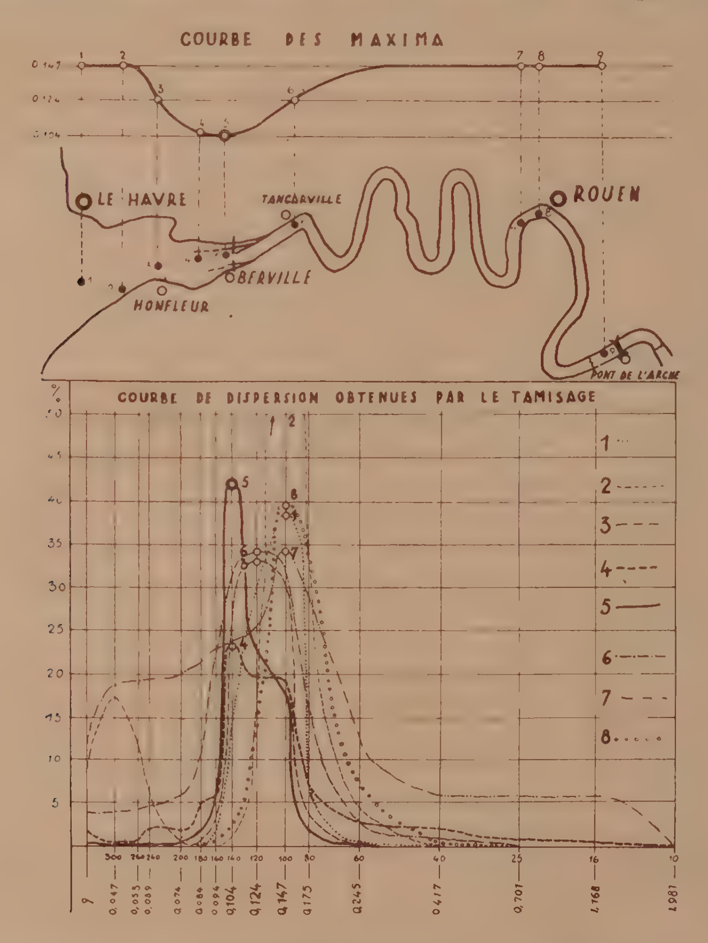
Le régime actuel de la sédimentation dans l'estuaire est régi d'une part par l'action de la mer, dont l'apport a déjà été évalué par M. J. Volmat (1), et d'autre part par l'action du courant propre du fleuve. J'ai procédé à l'étude des mouvements du sable dans l'estuaire et cherché, notamment, une limite entre l'influence de la mer, qui transporte dans le chenal les sables provenant du littoral du Calvados et de la baie de la Seine, et celle du courant du fleuve, qui apporte les sédiments provenant de son bassin versant. Dans ce but, j'ai étudié par tamisage, la variation de composition granulométrique de la taille sableuse des dépôts. Il est clair que pour pouvoir déterminer la limite entre ces deux apports de sédiments, il fallait choisir des échantillons, sédimentés dans des conditions hydrologiques similaires. Ces échantillons ont été recueillis dans la région de la Seine fluvio-maritime, au printemps 1938. Ils ont été conservés dans des bocaux à bouchon de caoutchouc pour éviter l'évaporation de l'eau. La figure ci-après reproduit les courbes de dispersion (courbes de fréquences) obtenues par le tamisage. Celles-ci présentent un maximum principal très accusé, elles montrent que les échantillons sont constitués pour la plus grande partie par des grains de 94^{μ} à 400^{μ}.

J'ai porté en ordonnée, en face des points figurant sur le plan du fleuve, le lieu de prélèvement des échantillons, la taille la plus fréquente de chaque échantillon, déduite de la courbe de dispersion. La valeur de cette taille présente un minimum qui se place au droit de l'extrémité aval de la digue de la Seine, au bac du Hode en face de Berville. C'est donc là que se situe le lieu de la plus grande usure des sables.

L'examen au microscope a révélé, d'autre part, que les sables de la

(1) J. Volmat, XXIIe Cahier des Recherches hydrographiques, Paris, 1929.

Seine fluvio-maritime sont caractérisés par l'abondance de la calcite. Les grains de quartz y sont très peu roulés et souvent teintés d'une matière ferrugineuse, de la limonite probablement. Les sables marins sont caractérisés par l'abondance du quartz (80-90 pour 100) un peu plus roulé et



presque sans enduits ferrugineux. Les sables de l'échantillon 5, correspondant au minimum de la taille la plus fréquente, sont, par contre, constitués par des grains de quartz et de calcite bien roulés.

L'interprétation de ces différentes données semble pouvoir être la suivante : comme on l'a vu, la taille la plus fréquente diminue vers le bac du Hode, aussi bien à partir de l'amont qu'à partir de la mer. On peut

l'expliquer par le fait que le parcours des alluvions, sous l'effet des courants de sens inverse, dus à la marée, est limité. Les sables s'usent sous l'effet d'un mouvement de va et vient autour d'une position moyenne qui, grâce à la différence des vitesses du flot et du jusant, doit avoir tendance à se déplacer vers l'aval. Ce déplacement ne peut être que très lent. La disposition des lieux, présentant un resserrement du lit vers le bac du Hode, entraîne une augmentation de la vitesse dans son voisinage. Il en résulte que les mouvements des sables doivent être plus étendus en ce point. A chaque marée, le sable fait un parcours le plus long aux environs du bac du Hode et y est usé plus qu'ailleurs, comme le montre notre graphique.

Une autre conclusion peut être tirée de ces observations : nous sommes en présence d'un phénomène d'usure et d'un phénomène d'apports continuels, tant du côté de la mer, que du côté de la Seine. Or, actuellement, on n'a pas constaté d'ensablement général du chenal. Il y a donc un équilibre entre l'apport et l'enlèvement, qui provient du fait que les grains sont devenus plus fins et peuvent être plus facilement enlevés par les courants; ils sont alors évacués vers les endroits se prêtant à leurs dépôts.

Mes résultats confirment l'opinion de Volmat sur l'usure sur place, mais j'y apporte une précision supplémentaire en délimitant l'endroit du maximum de celle-ci, et en faisant ressortir le fait que son importance varie progressivement vers l'amont et vers l'aval, ce qui montre que l'apport marin actuel ne dépasse pas Berville.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les chutes de la foudre dans le département de la Haute-Garonne.* Note (1) de M. **Camille Dauzère**, présentée par M. Charles Camichel.

Nous avons entrepris, depuis une dizaine d'années, des investigations dans le but de tracer la carte de la foudre, c'est-à-dire de figurer la situation géographique des lieux fréquemment foudroyés. Cette enquête est aujourd'hui suffisamment avancée, dans certains départements du Sud-Ouest, pour que les résultats acquis jusqu'à ce jour puissent être publiés. Nous commençons cette publication par le département de la Haute-Garonne.

(1) Séance du 12 décembre 1938.

On distingue dans la Haute-Garonne, comme dans la plupart des départements, trois zones différentes pour la répartition des points de chute de la foudre.

I. Une première zone est constituée par des territoires à coups de foudre très rares dans la partie centrale du département. Le sol est formé par des mollasses miocènes, très pauvres en éléments radioactifs (molasses de l'Armagnac à l'Ouest de la Garonne, mollasses aquitaniennes à l'Est du fleuve), au dessus desquelles la conductibilité électrique de l'air est très faible.

Cette zone comprend les cantons de L'Isle-en-Dodon, Le Fousseret, Rieumes (partie sud), Carbonne, Rieux, Montesquieu-Volvestre, Castanet, Auterive, Montgiscard, Villefranche-de-Lauraguais, Lanta. Cette zone se prolonge à l'Ouest dans le Gers, jusqu'aux environs d'Auch, à l'Est dans l'Ariège jusqu'aux environs de Pamiers.

II. Une zone très foudroyée comprend les collines ondulées qui prolongent le plateau de Lannemezan. C'est un des territoires les plus dangereux, non seulement du département, mais de toute la région du Sud-Ouest. Le sol est formé d'argiles ferrugineuses, d'origine granitique, dont nous avons signalé ailleurs les propriétés dangereuses ([2]). Il convient d'y joindre les alluvions anciennes de la terrasse de Saint-Gaudens, qui ont la même composition.

La zone très foudroyée commence dans les Hautes-Pyrénées; elle comprend dans la Haute-Garonne les cantons de Montrejeau, Saint-Gaudens, Boulogne-sur-Gesse (partie sud); elle se continue vers l'Est et le Nord jusqu'à une ligne passant par Lestelle, Saint-Marcet, Montmaurin, au nord de laquelle commencent les Petites Pyrénées.

III. Une zone moyenne, à points de chute assez nombreux, mais dispersés, s'étend sur tout le reste du département. Dans cette zone, les coups de foudre ne sont ni très rares, ni très fréquents, ce qui s'explique par une teneur du sol en matières radioactives un peu plus forte que celle des terrains de la première zone, beaucoup plus faible que celle des terrains de la deuxième.

On trouve d'abord dans cette zone la région des terrains secondaires situés au sud de Saint-Gaudens, ainsi que celle des calcaires dévoniens et des schistes siluriens des environs de Luchon.

Cette région comprend les cantons de Salies-du-Salat, Aspet, Barbazan, Saint-Beat, Bagnères-de-Luchon; ces deux derniers cantons forment la partie montagneuse du

---

([2]) *Revue scientifique*, 70, 1932, p. 528.

département, nous devons remarquer que les informations sur la foudre en haute montagne sont rares et ne permettent aucune classification.

Il y a ensuite les petites Pyrénées, dont le sol est formé par des calcaires, marnes et poudingues, se rattachant aux divers étages du crétacé supérieur et de l'éocène. Il est intéressant de remarquer que la plupart des points de chute de la foudre dans ces petites montagnes se placent sur les lignes de contact des divers étages géologiques (exemple Aurignac, Montoulieu etc.), conformément à une propriété générale que nous avons mise en évidence ([3]).

La région des petites Pyrénées comprend, dans la Haute-Garonne, les cantons de : Aurignac, Saint-Martory, Salies-du-Salat (partie nord), Cazères (partie sud); elle se prolonge dans l'Ariège.

Dans la zone moyenne figurent aussi : 1° les territoires compris dans la vaste région des mollasses miocènes, qui ne rentrent pas dans la première zone; 2° la région des alluvions anciennes, disposées en terrasses, dans les vallées de la Garonne, de l'Ariège, du Tarn.

La région mollassique et alluvionnaire de la zone moyenne comprend dans la Haute-Garonne les cantons de Villemur, Fronton, Montastruc, Grenade, Cadours, Leguevin, Toulouse, Verfeil, Caraman, Revel, Nailloux, Cintegabelle, Muret, Saint-Lys, Rieumes (partie nord); elle se prolonge dans les départements voisins, principalement dans le Gers.

IV. Il y a cependant, au milieu des terrains relativement peu dangereux de la zone moyenne, deux territoires où la foudre tombe souvent en des points très rapprochés. Le premier est composé des communes, voisines les unes des autres, de Daux, Aussonne, Seilh, dans les alluvions anciennes de la Garonne, au nord de Toulouse. Le deuxième territoire se trouve au milieu des mollasses du Lauraguais, dans les environs de Caraman, où les fonds des vallons, les alentours des sources sont très souvent frappés; la ville elle-même, située sur le sommet d'un coteau, et surtout le clocher qui domine tout le pays, ne sont jamais foudroyés. L'existence, paradoxale en apparence, de ces îlots de points de chute de la foudre peut s'expliquer par une concentration locale de matières radioactives, qui s'est opérée, sous l'action des eaux courantes, pendant la formation des terrains.

([3]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1565 et 1744.

MÉTÉOROLOGIE. — *Décroissance des lumières bleue et rouge à la fin du crépuscule.* Note (¹) de M. **Raymond Grandmontagne**, présentée par M. Charles Fabry.

Le photomètre enregistreur à cellule photoélectrique installé à l'Observatoire de Lyon pour étudier la lumière du ciel nocturne (²) a été modifié pour permettre l'étude des phénomènes crépusculaires. Il fallait augmenter sa rapidité et diminuer sa sensibilité. Le temps de réponse, primitivement d'une dizaine de minutes, a été ramené à 30 secondes environ par diminution de la résistance de fuite et remplacement de l'électromètre à quadrants par un électromètre à fil de faible capacité et de faible période. Deux surcharges neutres (verre NG 3b), de densités voisines de 1 et 2, peuvent être interposées sur le faisceau lumineux.

Le domaine spectral utile est limité d'une part par le seuil photoélectrique de la cellule au cæsium, voisin de 9000 Å, d'autre part par divers filtres, 1 bleu et 5 rouges différents :

BG 4,	1 mm	transmission utile........	3600—4600 Å
OG 2,	4	»	5800—9000
RG 1,	2	»	6100—9000
RG 5,	2	»	6500—9000
RG 8,	2	»	7000—9000
Wratten 88		»	7300—9000

L'appareil ne peut commencer à fonctionner que lorsque le Soleil est déjà sous l'horizon, avec une dépression d'environ 5°. Par contre, il peut aller jusqu'à la nuit complète. Les mesures sont faites par lectures directes et non par enregistrement, en raison de la rapidité nécessaire. On a utilisé jusqu'en avril 1938 un grand angle solide d'environ $2\pi/10$, autour du zénith.

Les courbes sont tracées en portant en ordonnées les logarithmes des indications du photomètre (logarithme de la brillance photo-électrique) et en abscisses les angles de dépression du Soleil au-dessous de l'horizon.

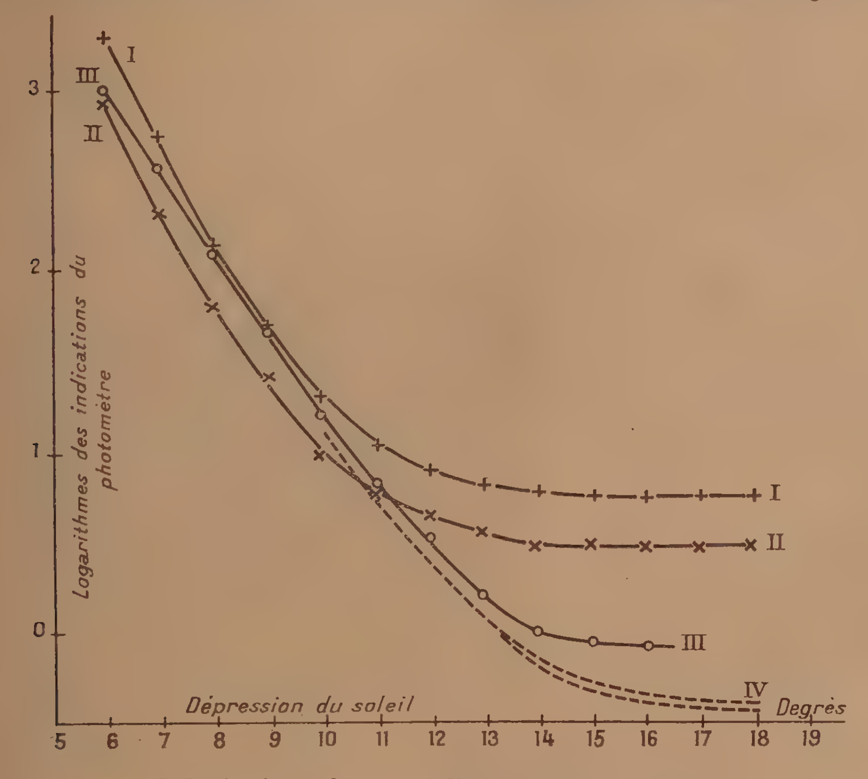
Une différence remarquable se manifeste entre les courbes obtenues d'une part avec le filtre bleu et d'autre part avec les différents filtres rouges : en lumière bleue, les courbes deviennent presque horizontales pour une dépression du Soleil d'environ 14°, alors qu'en lumière rouge

(¹) Séance du 5 décembre 1938.

(²) R. Grandmontagne, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 337.

elles atteignent ce degré d'évolution beaucoup plus tôt, pour une dépression de 11° environ. On peut également remarquer que la courbe de décroissance en lumière bleue se rapproche beaucoup plus d'une droite que les autres.

J'ai indiqué combien l'intensité des radiations bleues dans la lumière du ciel nocturne était faible par rapport à l'intensité des radiations rouges [3].



I. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 5800-9000 Å.
II. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 7300-9000 Å.
III. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 3600-4600 Å.
IV. Courbes publiées par J. Dufay (Montpellier et Saint-Geniez, 1923-1924), pôle et zénith ramenés à la même échelle.

Sur les courbes crépusculaires, on voit que, tant que le Soleil n'est pas à 10° sous l'horizon, les intensités sont du même ordre de grandeur en bleu et en rouge et leurs variations sont sensiblement parallèles. A partir de 10°,

(3) R. Grandmontagne, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 275.

le bleu continue à décroître avec la même rapidité, alors que le rouge se stabilise. Ainsi, au zénith, le crépuscule est terminé, pour les radiations rouges, 3° plus tôt que pour les radiations bleues. On remarquera que la fin du *crépuscule astronomique* (correspondant à une dépression de 18°) est loin d'être atteinte lorsque mes courbes deviennent horizontales. Il n'est pas rare de constater au contraire une légère augmentation de brillance lorsque les courbes sont poussées jusqu'à 18° ou plus.

Il est intéressant de comparer ces courbes à celles publiées par J. Dufay ou par F. Link [4]. On voit que la partie bleue du spectre a certainement joué un rôle prépondérant dans leurs mesures.

BOTANIQUE. — *Présence de mycorhizes chez une Pomme de terre retournée à l'état sauvage.* Note de MM. **Joseph Magrou** et **Joseph Bouget**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Alors que les mycorhizes endotrophes se rencontrent normalement chez la plupart des plantes sauvages à tubercules, bulbes ou rhizomes, leur présence est beaucoup plus irrégulière chez les espèces soumises à la culture. Elles font défaut, notamment, chez la Pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum* L.), tandis qu'elles existent chez les Pommes de terre sauvages telles que le *Solanum maglia* Schlecht, prélevées dans leurs stations naturelles sud-américaines. D'où l'hypothèse que la Pomme de terre dérive d'ancêtres sauvages normalement infestés, qui se seraient affranchis de la symbiose à la suite de leur mise en culture et de leurs transplantations répétées dans des terrains nouveaux.

L'un de nous [1] a étudié à Roquelaure (Gers) une station de *Solanum tuberosum* dont les individus offrent la particularité remarquable de se reproduire depuis plus de vingt ans spontanément, sans aucune intervention de l'homme. Dans le champ de Roquelaure, on ne sème, ni ne récolte; les tubercules sont abandonnés dans le sol à l'automne et donnent naissance à des plantes qui deviennent plus nombreuses d'année en année. Si bien qu'en ce cas, on est en droit de dire que la Pomme de terre est retournée à l'état sauvage.

---

[4] J. Dufay, *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 58; F. Link, *Journal des Observateurs*, 17, 1934, p. 161.

[1] J. Bouget, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1418.

Nous nous sommes demandé si ce retour à l'état de nature ne s'accompagnerait pas, conformément aux prévisions formulées par J. Costantin (²), de la réapparition des mycorhizes caractéristiques des *Solanum* tubérifères spontanés. Pour le vérifier, nous avons prélevé et fixé de nombreuses radicelles de la Pomme de terre sauvage de Roquelaure. Les prélèvements, au nombre de trois, ont été faits le 5 juillet sur le même pied, à des profondeurs différentes. Deux des lots prélevés se montrèrent, à l'examen histologique, indemnes d'infestation. Par contre, dans le troisième, un grand nombre de radicelles étaient largement envahies par un endophyte ayant tous les caractères des Champignons de mycorhizes. Le Champignon occupe l'assise moyenne de l'écorce; son mycélium, non cloisonné, forme dans les cellules des pelotons lâches, dont les ramifications, de plus en plus ténues, se résolvent en arbuscules très touffus. Les arbuscules subissent une digestion intracellulaire au cours de laquelle ils deviennent d'abord floconneux, pour se transformer ensuite en corps de dégénérescence plus ou moins volumineux (*sporangioles* de Janse). Nous n'avons pas observé de vésicules. L'amidon, comme il est de règle, fait défaut dans les cellules occupées par le champignon. Ces mycorhizes, caractérisées par le siège exclusivement intracellulaire du mycélium, sont de même type que celles que l'un de nous a décrites, avec Mme Noël Bernard, chez le *Solanum maglia* (³).

On voit par là que les Pommes de terre de Roquelaure, retournées à l'état sauvage, sont soumises à la symbiose au même titre que les *Solanum* tubérifères qui croissent spontanément dans les Andes. Il y a donc, dans les deux cas, corrélation entre la vie à l'état sauvage et la présence d'endophytes dans les racines. S'il est vrai que les mycorhyzes jouent un rôle dans la nutrition ou dans le développement des végétaux, on est fondé à supposer que chez la Pomme de terre cultivée, qui en est dépourvue, les pratiques agricoles réalisent empiriquement des conditions équivalentes à la symbiose.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1447.

(³) Mme Noël Bernard et J. Magrou, *Ann. Sc. nat., Bot.*, 9e série, 14, 1911, p. 252.

BOTANIQUE. — *Sur une* Ombellifère *méconnue de la flore française*, Scandicium stellatum *Thell. des Baronnies (Hautes-Alpes)*. Note de M. **Maurice Breistroffer**, présentée par M. Auguste Chevalier.

En 1873 E. Reverchon [1] découvrit le *Scandix pinnatifida* Vent. entre Laragne et Ribiers dans la partie sud-est des Baronnies dominant la vallée du Buëch, au nord de Sisteron. Si cette trouvaille d'une espèce nouvelle pour la France est restée méconnue, ce fut surtout par la faute de ce botaniste, qui eut plus tard la fâcheuse idée de prétendre l'avoir récoltée à Annot (B.-Alpes), où Burnat put avec raison affirmer qu'elle n'existait pas réellement.

Or, le 25 avril 1938, nous avons eu la chance de retrouver une sorte de *Scandix* que nous devions reconnaître identique à celui cité par Reverchon; mais c'était sur la rive gauche de la Méouge, entre Pomet et Barret-le-Bas, soit à 4^{km} de la localité déjà connue et que nous pûmes vérifier le 27 : au-dessus d'Antonaves, sur la rive droite du Buëch, au sud du col de Palavour. Ici et là, croissent en colonies grégaires plusieurs centaines d'individus, localisés sur des balmes calcaires à exposition sud, au pied de falaises tithoniques qui les surplombent en corniches créant un microclimat particulier. Protégée des vents froids et d'un excès de pluies, cette plante annuelle prospère fort bien sous les rayons brûlants d'un soleil ardent que réverbèrent les calcaires compacts.

A Pomet, vers 680^{m} d'alt., l'espèce croît sur des balmes dont le spectre biologique (P 8,6 %; Ch 15,7 %; H 22,9 %; T 47,1 %; G 5,7 %) révèle l'abondance et la variété des thérophytes méditerranéens : *Clypeola Jonthlaspi* L. ssp. *macrocarpa* Fiori var. *balmensis* Brst. subvar. *pometensis* Brst. nov. subv. [2], *Lens culinaris* Medik. ssp. *nigricans* (Marsch.-Bieb.) Thell. var. *Biebersteinii* (Lamotte) Briq., *Melilotus neapolitana* Ten. var. *typica* Asch. et Graebn., *Scandix australis* L. ssp. *gallica* Vierh., *Crucianella angustifolia* L., *Picris pauciflora* Willd., etc.; avec *Ephredra helvetica* C.-A. Meyer, *Iris lutescens* Lamk, *Hesperis laciniata* All., etc.
A Antonaves, vers 950^{m} d'alt., elle prospère sur des balmes dont le spectre biolo-

---

(1) *Ann. Soc. bot. Lyon*, **2**, 1874, p. 33-36, et *Rev. hort. B.-du-Rh.*, n° **599**, 1904, p. 100-103.

(2) A subvar. *cularensi* Brst. nov. subvar. (= var. *balmensis* Brst. 1936, s. str.) differt : siliculis (± subobovatis) disco pilis crassioribus (paulum subclavatis) densior tecta margine minus glabrescente (= var. *petræa* Brst. 1937, pars, « fa. nov. » in *Bull. Soc. sc. Dauph.*, **56**, p. 357, 18e à 33e lignes).

gique est analogue (P 6,7 %; Ch 17,8 %; H 28,9 %; T 42,2 %; G 4,4 %), en compagnie de *Clypeola Jonthlaspi* var. *balmensis* (subvar. *pometensis*), race caractéristique des balmes calcaires bien exposées du Dauphiné, et d'une florule plus méditerranéo-montagnarde : *Astragalus vesicarius* L. var. *genuinus* Rouy, *Genista Villarsii* Clem., *Androsace Chaixi* Gren. et Godr., etc.

Thellung [3] ayant montré que le *Scandix pinnatifida* était un genre monotypique : *Scandicium stellatum* (Soland.) Thell., il s'agit donc là d'un genre nouveau pour la France; c'est une remarquable relique xérothermique à aire disjointe dont les rares localités méditerranéo-occidentales sont presque toutes en Espagne austro-orient., soit à plus d'un millier de kilomètres des Baronnies. Non spontanée dans le reste de l'Europe, sauf en Crimée, l'espèce ne se retrouve qu'en Algérie (région de Batna : Djebel Tougourt et Bou Taleb) et dans son aire irano-touranienne.

La présence en Dauphiné du *Scandicium stellatum*, représenté uniquement par la var. *hirsutum* (C. Koch) Thell., est donc plus remarquable que celle du *Geum heterocarpum* Boiss., espèce vivace du Mont-Séüse (H.-A.) dont l'aire de répartition occidentale comprend, non seulement l'Espagne et l'Algérie, mais encore le Maroc, l'Italie et l'Albanie. C'est une sorte de *fossile vivant* se maintenant dans une région privilégiée qui abrite en particulier : *Asplenium glandulosum* Lois., *Juniperus thurifera* L. var. *arborea* (Mut. em.) Brst., *Ephedra helvetica* C.-A. Meyer, *Velezia rigida* L., *Medicago coronata* (L.) Desr., *Euphorbia sulcata* Lens, *Santolina Chamæcyparissus* L. var. *incana* DC., autres survivantes xérothermiques d'origine tertiaire, ainsi que *Euphorbia tenuifolia* Lamk, *E. flavicoma* DC., *Scilla italica* L., *Sideritis montana* L., *Saxifraga lingulata* Bell. var. *Bellardii* Stern. subvar. *eu-Bellardii* Engl. et Irm. et subvar. *lantoscana* (Boiss. et Reut.) Engl. et Irm., *Globularia cordifolia* L. ssp. *nana* (Lamk) P. Fourn., *Serratula lycopifolia* (Vill.) Wettst. et quelques autres raretés eu-méditerranéennes d'un grand intérêt pour cette région située aux confins de la Haute-Provence.

---

(3) *Fedde Repert.*, 16, 1919, p. 15-22, et *Monde Pl.*, n° 6, 8, 1919, p. 121.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'inuline dans les greffes de Soleils annuels et de Composées vivaces.* Note de M. **Robert Franquet**, présentée par M. Henri Colin.

Le genre *Helianthus*, de la famille des Composées, comprend environ 100 espèces, la plupart vivaces et renfermant de l'inuline. Quelques Soleils font exception : le plus connu est le Soleil annuel (*Helianthus annuus* Linn.) dont les tissus, susceptibles de se lignifier fortement, sont rigoureusement dépourvus de lévuloside. Cette plante a déjà fait l'objet de nombreuses analyses [1].

Helianthus debilis Nutt. = *Helianthus cucumerifolius* Torr. et Gray est une espèce annuelle de petite taille et très ramifiée. Il existe un troisième Soleil annuel, *Helianthus argophyllus* Torr. et Gray, vulgairement dénommé Soleil du Texas ; c'est une plante presque aussi vigoureuse que l'*Helianthus annuus*, mais s'en distinguant nettement par sa tige plus ramifiée et par son aspect blanc dû à sa pilosité. Ces deux espèces ne renferment trace d'inuline dans aucune de leurs parties.

C'est en vain qu'on a essayé de provoquer artificiellement l'inulogénèse chez le Soleil annuel [2] ; le Soleil du Texas et l'*Helianthus debilis* s'y montrent non moins rebelles. La greffe en particulier est incapable d'y déterminer la condensation des sucres en inuline. Associés en greffe totale avec un *Helianthus* vivace ou une autre Composée à inuline, le Soleil du Texas et l'*Helianthus debilis* conservent leur contingent glucidique habituel, quel que soit le sens de la symbiose.

Par rapport à des témoins autonomes, on ne constate généralement chez le greffon qu'une teneur plus élevée en glucides, particularité que l'obstacle offert à la circulation de la sève par le bourrelet suffit à expliquer.

Les chiffres suivants se rapportent à des plantes récoltées et fixées en fin septembre (T.R.S.I., sucre total, réducteur libre, saccharose, le tout en interverti pour 100 du frais) ; $[\alpha_1]_D$, $[\alpha_2]_D$ pouvoirs rotatoires du contingent glucidique avant et après hydrolyse.

---

(1) H. Colin, *Rev. gén. Bot.*, 34, 1922, p. 145.

(2) H. Colin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1280.

	$[\alpha_1]_D$.	T.	R.	S.	I.	$[\alpha_2]_D$.
I. — *Aster Novi-Belgii* sur *Helianthus debilis*.						
A. Novi-Belgii............	— 9	5,76	0,30	1,74	3,72	—63
H. debilis................	+59	0,64	0,14	0,50	0	—21
II. — *Helianthus argophyllus* sur *Helenium automnale*.						
H. argophyllus............	+27	2,32	1,18	1,14	0	—29
H. automnale............	—29	2,89	0,63	0,72	1,54	—69
III. — *Helianthus strumosus* sur *Helianthus argophyllus*.						
H. strumosus............	— 1	5,43	0,30	2,15	2,98	—45
H. argophyllus { Bourrelet..	+47	0,50	0,08	0,42	0	—24
H. argophyllus { Tige basse.	+42	0,52	0,04	0,48	0	—25
IV. — *Helianthus tuberosus* sur *Helianthus argophyllus*.						
H. tuberosus............	—13	9,18	0,62	1,62	6,94	—62
H. argophyllus { Bourrelet..	+23	2,35	0,51	1,84	0	—33
H. argophyllus { Tige basse.	+33	1,75	0,40	1,35	0	—26
V. — *Helianthus tuberosus* sur *Helianthus argophyllus*.						
H. tuberosus............	— 7	5,54	0,84	2,34	2,36	—54
H. argophyllus { Bourrelet..	+41	2,24	0,64	1,60	0	—18
H. argophyllus { Tige basse.	+41	1,60	0,46	1,14	0	—13
VI. — *Helianthus argophyllus* sur *Helianthus tuberosus*.						
H. argophyllus............	+41	1,50	0,74	0,76	0	—16
H. tuberosus............	— 6	1,33	0,17	0,67	0,49	—55

Ainsi, non seulement ces Soleils annuels se montrent incapables de fabriquer de l'inuline, mais, même alimentés en ce glucide par un greffon qui en est saturé, ils ne peuvent le conserver dans leurs tissus; au niveau du bourrelet, la transformation est déjà totale.

La distinction chimique si tranchée existant entre *Helianthus* vivaces et *Helianthus* annuels ne semble pas coïncider avec une différence dans l'équipement chromosomique.

Nous avons compté $n = 17$ chromosomes chez *Helianthus argophyllus*, chiffre identique à celui trouvé par plusieurs auteurs chez *Helianthus debilis* et *Helianthus annuus* (³). Quant aux *Helianthus* vivaces, plusieurs

(³) In TISCHLER, *Pflänzliche Chromosomen-Zahlen, Tabulae Biologicae*, **4**, **7**, **11** et **12**, 1926, 1931, 1935, 1936.

(*H. giganteus*, *H. Maximiliani*, *H. orgyalis*, etc.) possèdent dix-sept chromosomes comme les trois Soleils annuels précités, alors que d'autres (*H. tuberosus*, *H. macrophyllus*, etc.) en ont 51 (*n*).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Actions distinctes du photopériodisme sur la formation des boutons et le développement des fleurs chez le Chrysanthème.* Note [1] de MM. **Pierre Chouard** et **Pierre Vaidie**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La floraison de beaucoup de plantes est soumise au photopériodisme : elle est réglée par la durée quotidienne de l'éclairement. Nos expériences nous ont suggéré que le phénomène pouvait se décomposer en phases successives, réagissant de façon distincte à l'action de la lumière. Nous avons donc recherché sur le Chrysanthème (*Chrysanthemum* × *hortorum* L. H. Bailey), matériel favorable par sa grande sensibilité à l'éclairement [2], s'il y aurait moyen d'agir séparément sur l'apparition des boutons, et sur la forme des fleurs.

1° *Formation des boutons.* — Elle est commandée par la position des bourgeons et par la durée d'éclairement reçue pendant la croissance végétative. Pour des boutures faites en mars, l'action des jours artificiellement prolongés (par la lumière électrique d'appoint), ou raccourcis (par des voiles noirs), ne deviendra efficace qu'après une première phase de croissance, c'est-à-dire après le 15 mai, et surtout en juillet et août. A partir de ce moment, le sort des *bourgeons axillaires* ne dépend que de la durée d'éclairement. Ainsi, pour la variété *Flocon de Neige* (précoce) des jours courts (de 8 heures) entraînent une transformation rapide et totale de ces bourgeons en boutons, des jours longs (19 heures) les maintiennent indéfiniment à l'état végétatif.

Au contraire, le *bourgeon apical* des rameaux longs (ou branches charpentières) est moins influencé par l'éclairement : en jours courts, il cesse de s'allonger et se transforme en bouton un peu avant les bourgeons axillaires; un tel bouton apical, entouré d'autres boutons, est le « bouton terminal » des chrysanthémistes. Mais en jours longs, après s'être allongé

---

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) E. Le Graverend, *Revue horticole*, 108, 1936, p. 26; P. Chouard, *C. R. Soc. de Biol.*, 127 1938, p. 66.

en rameau, il atteint un stade où sa transformation en bouton s'accomplit malgré l'éclairement; ce bouton apical entouré de rameaux axillaires à l'état végétatif, est le « bouton couronne » des chrysanthémistes. Il faudrait des journées encore plus longues (jusqu'à l'éclairement continu) pour empêcher la formation du bouton couronne.

2° *Développement des fleurs.* — Quand les boutons axillaires ou apicaux sont formés, ils atteignent un stade où le temps nécessaire à leur floraison devient indépendant de l'éclairement. Ce stade correspond à peu près au moment où les bractées recouvrent encore complètement le jeune capitule, mesurant 3 à 10^{mm} de diamètre, et où les fleurs ont chacune la base tubuleuse de leur corolle ébauchée, mais la partie ligulée encore inexistante.

Alors, si la floraison est inéluctable, par contre, la forme des fleurs dépend à la fois des conditions antérieures et de la durée d'éclairement à subir pendant les semaines qui suivront. Si le bouton a été formé en journées courtes, la suite du traitement va, seule, contrôler la forme des fleurs : en jours courts, il y aura tendance à la perte de la duplicature (capitules « creux »), et les fleurs périphériques auront des ligules plates. En jours longs, il y aura tendance au maximum de duplicature, avec les fleurs rayonnantes, à ligules souvent entièrement tubulées, surtout à la périphérie du capitule. Si le bouton a été formé en journées longues, le capitule qui en résultera ne pourra pas être aussi facilement modifié; la tendance aux ligules tubuleuses subsistera souvent, mais sera plus ou moins modifiée selon que la fleur aura achevé son développement en jours longs ou en jours courts.

Les variétés horticoles de Chrysanthèmes, multipliées par boutures, sont, chacune, les fragments d'un même individu. D'une variété à l'autre, ces phénomènes présentent de larges variations quantitatives, mais le sens des actions produites reste le même que dans la variété moyenne étudiée ici. En particulier, selon que les variétés sont tardives ou très précoces, il y a lieu de réduire ou d'augmenter les durées indiquées comme jours longs ou jours courts.

On comprend maintenant pourquoi les Chrysanthèmes doubles, hâtés par le raccourcissement des jours, sont si souvent creux [3], et pourquoi ceux qui sont retardés par l'éclairage d'appoint ont souvent des capitules

(3) J. Lemasson, *Rev. hort.*, 109, 1937, p. 450, et *Le Chrysanthème*, 39, 1937, p. 36; J. Lochot, *Le Chrys.*, 39, 1937, p. 84, et *Bull. Soc. n. Hort.*, 6, iv, 1937, p. 80.

rayonnants (¹). Ces deux conséquences, parfois fâcheuses, sont dues à ce que la durée d'éclairement recherchée pour modifier la date de mise à fleurs est restée appliquée pendant la période finale de floraison.

Nos expériences montrent qu'il est possible d'agir à volonté, par des durées d'éclairement appropriées, appliquées en temps opportun, d'une part sur la date de mise en boutons, et d'autre part sur la forme des fleurs et des capitules.

PHARMACODYNAMIE. — *Réalisation expérimentale, à l'aide de la colchicine, de Poulets strophosomes.* Note de Mme **Suzanne Lallemand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié l'action de diverses substances sur l'embryon de Poulet. La colchicine a produit une action très particulière; elle provoque le développement d'une monstruosité qui n'a jamais été observée chez le Poulet.

Des œufs sont mis en incubation pendant 48 heures; ils sont perforés à leur petite extrémité afin de retirer 2 à 3^{cm^3} d'albumine. L'orifice est ensuite obturé avec de la paraffine; puis une fenêtre est pratiquée dans la coquille de manière à voir l'embryon. On dépose sur lui 25/10000e de milligramme de colchicine en solution isotonique. Puis, la fenêtre est fermée par une lamelle de verre lutée à la paraffine et les œufs sont remis à la couveuse. L'action de cette dose de colchicine varie avec les embryons; ou elle les tue en 24 heures, ou elle demeure sans effet, ou elle réalise la strophosomie.

Cette malformation est caractérisée par une éventration totale, mettant à nu tous les organes du thorax et de l'abdomen; les membres supérieurs et inférieurs sont retournés et reposent sur le dos de l'animal de telle manière que les extrémités distales des membres ainsi que la queue sont appliquées sur la tête. La dénomination de *strophosome* (corps retourné) est celle qui traduit le mieux le caractère spécifique de la monstruosité, aussi est-ce celle que j'ai adoptée.

L'éventration ou célosomie se rencontre fréquemment chez le Poulet à l'état spontané, mais jamais un strophosome n'a été signalé. De très nombreux auteurs ont, par des procédés divers, déterminé l'apparition de monstruosités chez les Oiseaux; aucun d'eux n'a obtenu de strophosome authentique.

(¹) P. Chouard, *C. R. Acad. Agric.*, 24, 1938, p. 312; Lemaire frères, *Bull. Soc. n. Hort.*, 6, v, 1938, p. 83.

Cette monstruosité n'est connue que chez les Bovidés. Elle a été décrite par Curti [1] chez le Veau, sous le nom de *Schistosomus reflexus*. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire [2] ne la mentionne pas. Joly [3] donne à ce genre de monstre le nom de *chélonisome*. Schwalbe [4] appelle cette malformation *Schizosoma reflexum* et Lesbre [5] dénomme *strophosomes* les fœtus qui la présentent.

Je possède actuellement des stades nombreux de cette malformation, échelonnés du 3ᵉ au 13ᵉ jour d'incubation.

La réalisation de la strophosomie par une quantité infinitésimale de colchicine est vraisemblablement due à une réceptivité spécifique de certaines cellules de l'organisme embryonnaire pour cet alcaloïde, de même que la réalisation de l'intersexualité est due à une réceptivité spécifique de certaines cellules de la sphère sexuelle pour les hormones génitales.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur le pigment rétinien des Céphalopodes*. Note de **MM. Jean Escher-Desrivières, Edgar Lederer** et **Mlle Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Dès 1878 Kruckenberg [1] traite des rétines de Céphalopodes (*Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Eledone moschata*) par l'ammoniaque. Il obtient des solutions brun-rouge ou brun-violet stables à la lumière, d'un pigment qu'il désigne du nom de pourpre rétinien.

L'étude de ce pigment mérite d'être reprise en raison de la parenté histologique que présentent les cellules visuelles des Céphalopodes et de certains Vertébrés.

Signalons d'abord que, chez les Céphalopodes, il s'agit d'un pigment localisé sur les franges de l'épithélium pigmentaire. L'examen de tissus frais, tel que nous l'avons pratiqué sur *Sepia officinalis* L., *Octopus vul-*

---

(1) *Lehrbuch der pathologischen Anatomie der Haus-Säugethiere*, Berlin, 1832, p. 137.

(2) *Traité de Tératologie*, 2, Paris, 1836.

(3) *Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, 3, 1845, p. 374.

(4) *Die Morphologie des Missbildungen*, III Teil, I Lieferung, Iéna, 1909, p. 63.

(5) *Traité de Tératologie*, Paris, 1927, p, 53.

(1) *Heidelberg Untersuchungen*, 56, 1878, p. 11.

garis Lamarck, *Eledone moschata* Leach., montre un pigment réparti, comme la mélanine de l'épithélium pigmentaire des Vertébrés, spécialement des Poissons osseux. Enfin ce pigment, dès l'étude sur les tissus frais, se montre stable à la lumière.

Nos essais préliminaires n'ont décelé aucune différence chimique entre les rétines d'Octopus et d'Eledone, mais l'étude de leur spectre d'absorption montre des différences très nettes qui nous font croire que les deux pigments sont différents.

Comme le pourpre rétinien des Vertébrés, ils sont solubles dans des solutions aqueuses de digitonine à 1 pour 100 et de taurocholate de soude à 2 pour 100. Mais leur extraction s'effectue encore plus facilement dans des solutions faiblement alcalines (NH^3 à 2 pour 100, $NaHCO^3$ à 1 pour 100, NaOH à 0,4 pour 100, tampon de phosphate à pH 8,5). Ils précipitent sous forme de flocons brun rouge ou brun violet après acidification de leurs solutions alcalines. On peut purifier ces précipités par dissolution dans le phénol liquide. Par addition d'éther à celui-ci, les pigments précipitent de nouveau. Après lavage à l'alcool et dessiccation, on obtient des poudres amorphes violettes, ayant environ 8 pour 100 d'azote, 6 pour 100 d'hydrogène et 47 pour 100 de carbone et dont la solution alcaline est brunâtre (*fig.* 1, courbe I). Quelques propriétés chimiques de ces pigments (précipitation au sulfate d'ammonium, réaction du Biuret) nous font penser qu'il s'agit de chromoprotéides.

Par hydrolyse acide, on en obtient un corps noir-violet, encore amorphe, que nous croyons être le groupe prosthétique du chromoprotéide. On traite 25^{mg} d'un chromoprotéide purifié de rétine d'Eledone par 3^{cm^3} de HCl à 38 pour 100 pendant 20 minutes et à 80°. Le pigment se dissout entièrement et l'on obtient, après filtration, un liquide très foncé brun-rouge. Après dilution avec trois volumes d'eau, le groupe prosthétique précipite en flocons brun-rouge (4^{cm^3}). Ce corps contient 8 pour 100 d'azote; il est facilement soluble dans les solutions alcalines aqueuses (à partir de pH 7,3 environ) et aussi dans l'alcool éthylique contenant 5 pour 100 de HCl (*fig.* 1, courbe II).

Notons encore que le pigment présente, en lumière ultraviolette, une fluorescence bleu vert.

Les courbes ci-jointes représentent les densités optiques des solutions étudiées (logarithme décimal de l'inverse des facteurs de transparence); ces courbes sont relatives à des épaisseurs de liquide de $5^{mm},7$.

En résumé, nous avons étudié un pigment dont les rapports avec les pigments rétiniens des Vertébrés sont les suivants :

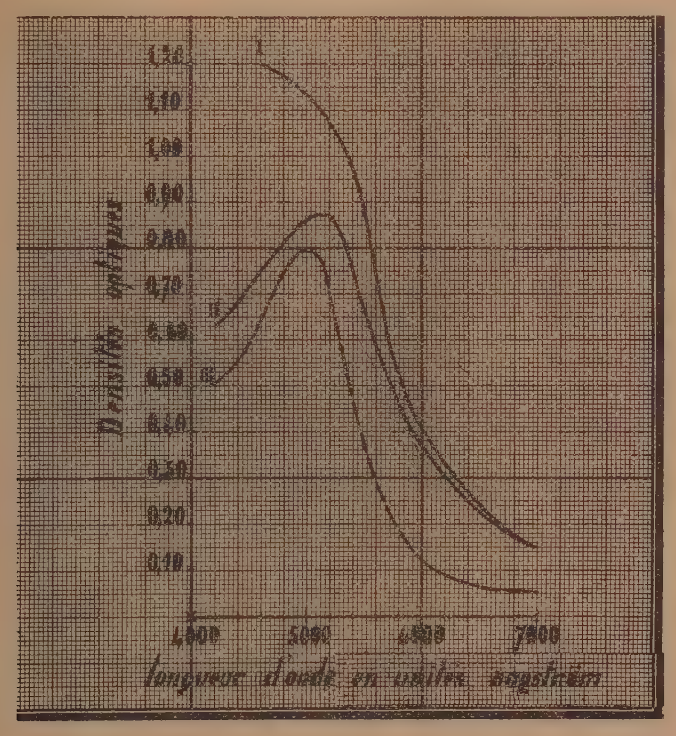
1° Par sa localisation dans les franges de l'épithélium pigmentaire, par ses caractères morphologiques étudiés sur des tissus frais dissociés ou sur des coupes, par ses possibilités migratrices le long des franges de l'épithélium, il se rapproche des mélanines rétiniennes des Vertébrés.

2° Par sa solubilité dans la digitonine et les sels biliaires et, après

hydrolyse, par ses propriétés spectrophotométriques, il s'apparente aux pourpres rétiniens classiques.

3° Mais sa stabilité à la lumière et l'absence de vitamines A[1] et A[2] l'éloignent de ces pourpres ([2]).

Sans pouvoir préciser encore leur composition, nous pouvons déjà



Courbes d'absorption. — I, pigment rétinien d'*Eledone* avant l'hydrolyse (dissous dans $NaHCO^3$ à 1 pour 100); II, le même pigment après hydrolyse (groupe prosthétique), même solvant que précédemment; III, à titre de comparaison, pourpre rétinien classique (grenouille), d'après Wald.

signaler la présence de pigments à certains égards comparables à ceux des Céphalopodes dans les rétines de quelques Poissons osseux (Labres et Girelles).

([2]) On admet actuellement que la vitamine A jouerait un rôle important dans la constitution du pourpre rétinien (G. Wald, *Amer. of Physiol.*, **123**, n° 3, 1938, p. 732; *J. Gen. Physiol.*, **18**, 1934-1935, p. 905; **19**, 1935-1936, p. 351 et 381, **20**, 1936-1937, p. 45).

Enfin, signalons ce fait important du point de vue physiologique : le comportement des Céphalopodes vis-à-vis de l'excitation lumineuse (lumière blanche et lumières colorées) et leurs réactions pupillaires sont comparables à celles de certains Vertébrés pourvus de pourpre rétinien classique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La folliculine dans l'histogenèse sexuelle de l'embryon des Mammifères*. Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il existe une différence dans les réactions des tissus envers la folliculine chez les Mammifères et chez l'Oiseau. Inoffensive et à pouvoir constructif dans un jeune embryon de Poulet ([1]), cette hormone déploie, aux stades correspondants dans l'embryon de Cobaye, des réactions incompatibles avec un développement progressif ultérieur ([2]). A cause de la mort rapide de l'embryon, ses effets sur l'histogenèse sexuelle n'ont pas pu être évalués dans l'embryon de Cobaye. Les tissus embryonnaires, dans les deux sexes, manquent d'adaptabilité envers ce corps chimique à l'état libre. Or la chaîne de réactions histogénétiques qui aboutissent au type femelle de l'organisme, s'accomplit, dans l'embryon de Mammifère génétiquement femelle, d'une manière analogue à celle, révélée chez l'Oiseau, soit spontanément, soit à la suite de folliculinisation d'un embryon mâle.

Dans l'histogenèse mâle, l'agent effectif est l'hormone mâle ([3]). Ajoutée aux facteurs génétiques femelles de l'embryon, ce corps chimique révèle son pouvoir de *stimuler* certains tissus spécifiques et d'*inverser* le cours des réactions dans d'autres, en leur impliquant une orientation femelle. La démonstration du rôle histogénétique de l'hormone femelle chez les Mammifères est rendue difficile, à cause d'une protection étrange et efficace, que l'évolution a établie chez eux contre des déviations sexuelles dans le sexe mâle. En voici quelques résultats obtenus durant les trois dernières années.

Dans l'attitude des tissus embryonnaires envers la folliculine, il y a lieu de distinguer, chez l'embryon du cobaye, trois périodes. Durant la pre-

---

([1]) V. Dantchakoff, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1983; Et. Wolf, *Ibib.*, p. 2118.

([2]) V. Dantchakoff, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2179.

([3]) V. Dantchakoff, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 873; Green and Ivy, *Science*, 86, 1937, p. 200; A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 806.

mière, du 13e jour après l'insémination (moment où le traitement direct de l'embryon devient possible) jusqu'à environ 26 jours, un tel traitement amène une mort rapide de l'embryon. Durant la deuxième période, du 26e au 30e jour, la survie de l'embryon dépend du rapport entre la dose d'hormone introduite et le stade d'introduction. Dans la troisième période, à partir du 30e jour environ, l'embryon supporte des doses massives d'hormone femelle.

Les causes directes de la mort de l'embryon folliculinisé sont révélées par l'examen d'embryons traités entre le 26e et 30e jour après l'insémination et sacrifiés avant leur mort. Ils présentent des hémorragies extrêmement nombreuses à leur surface cutanée et dans leurs organes internes, plus particulièrement dans les nappes de réseaux capillaires encore labiles et en voie de réarrangement. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la dose de folliculine utilisée est plus élevée, ou que le stade de traitement est plus précoce. Il est intéressant de noter que des troubles vasculaires analogues emportent les embryons de Rat et de Souris traités par de la folliculine. Ils manquent dans le Poulet, son réseau vasculaire et son hématopoièse ayant été édifiés par l'évolution d'une façon spéciale (réseau clos avec érythropoièse strictement intravasculaire).

Après le 30e jour, les embryons folliculinisés survivent dans une proportion, qui n'est pas moindre, que consécutivement à un traitement par la testostérone. Or, à ce stade, l'histogenèse mâle a progressé dans l'embryon et y a restreint la sphère d'action pour la folliculine. A ce moment, la gonade, d'abord indifférenciée, est devenue testicule, à glande incrétoire mâle; les canaux de Müller ont régressé dans leur grande partie, en laissant à leur extrémité caudale une petite ampoule bifurquée; l'épithélium du sinus uro-génital a inauguré l'édification de la prostate et l'ébauche commune du clitoris-pénis a pris dans son développement une tournure mâle.

Or l'hormone femelle déploie une stimulation intense dans le rudiment de l'utérus qui a persisté dans l'embryon mâle, et se révèle par des mitoses nombreuses. En comparant avec le segment correspondant de l'utérus chez un embryon femelle normal, l'intensité de prolifération n'est pas moindre, bien qu'elle aboutisse à la formation d'un corps bizarre. Celui-ci dépasse la prostate et se termine au niveau des canaux éjaculateurs. On l'aperçoit à la loupe, en fendant l'urètre, sous forme d'une traînée de tissu blanchâtre. Les deux branches de l'utricule qui se bifurque en Y contiennent une cavité virtuelle, délimitée par une paroi épithéliale épaisse. On y

trouve de gros foyers de mitoses, et de nombreux bourgeons arrondis et solides sont émis à sa surface. L'épithélium, très basophile, continue dans la branche basale de l'Y et soudainement est remplacé par un épithélium à cellules très claires et gonflées, qui transforment le canal en un tronçon solide.

La folliculine a évoqué dans l'ébauche de l'utricule, seul substrat tissulaire dans le mâle génétique, dont la structure spéciale le rend sensible à l'action de la folliculine, une prolifération intense, qui, dans un germe femelle, aurait abouti à la formation d'un segment d'utérus. Dans l'espace entre les organes dont l'édification chez le mâle génétique s'opère avec vigueur, l'hormone femelle ne se montre pas capable d'impliquer au tissu en prolifération une forme typique. Il en résulte une rupture entre l'histogenèse et la morphogenèse : la première étant fonction de l'hormone femelle, la deuxième prenant un aspect inaccoutumé dans les conditions qui prévalent chez un mâle génétique. Toutefois la *folliculine* s'est montrée un *agent efficace* dans la sphère d'action qui lui est réservée au 30e jour après insémination *chez un germe de Cobaye génétiquement mâle*. Les ébauches des glandes mammaires réagissent, elles aussi, par une croissance exagérée et une entrée en fonction précoce.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les effets de l'hypophysectomie chez un Téléostéen marin*, Gobius paganellus *L*. Note de M. **Jean-Henri Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

De multiples travaux ont révélé l'étroite solidarité existant entre le lobe antérieur de l'hypophyse et les glandes génitales chez les Vertébrés supérieurs; plus rares sont ceux concernant ce sujet chez les Poissons et la survie obtenue eût été insuffisante pour l'étude des relations génitohypophysaires; les auteurs ayant abordé cette dernière question se sont, à ma connaissance, bornés à pratiquer des injections de broyats ou d'extraits d'hypophyse.

J'ai réalisé, avec une survie pratiquement illimitée, l'ablation de l'hypophyse sur des Téléostéens marins et dulcaquicoles; les résultats signalés ici sont ceux obtenus sur *Gobius paganellus* L.; je réserve pour une étude d'ensemble l'exposé des techniques employées.

Cinquante individus, adultes, de taille variant entre 6 et 12^{cm}, ont été opérés entre le 18 juin et le 20 juillet 1938, après la période de reproduction;

a. Cinq sont morts des suites de l'opération, dans les trois jours; 6, dans les 60 jours suivants (bien que les plaies opératoires fussent totalement cicatrisées), ont succombé à des infections bactériennes, provoquant de larges escarres dorso-latéraux; 2 sont morts d'inanition, n'ayant pu tolérer le gavage durant les premiers jours.

b. Vingt individus, parmi les survivants, ont été, jusqu'à ce jour, sacrifiés successivement puis autopsiés.

c. Dix-sept restent en expérience, parfaitement vivants, parmi lesquels 4 ont actuellement plus de 6 mois de survie et les autres un minimum de 5 mois.

Contrôle expérimental à l'autopsie. — *a*. l'ablation totale de l'hypophyse a été vérifiée sur coupes histologiques sériées de la région cranienne; *b*. j'ai comparé les opérés, d'une part, et, d'autre part : des individus normaux, prélevés à la mer au jour de l'autopsie, des témoins gardés en élevage parallèlement aux opérés et des témoins en élevage ayant subi le traumatisme opératoire, sauf l'ablation de l'hypophyse.

Les résultats obtenus chez les mâles sont les suivants :

Pigmentation. — Sur fond sombre, les hypophysoprives, par leur pâleur, ne se distinguent des normaux, gris vert sombre, qu'après 24 à 36 heures; dès septembre, alors que les tissus germinaux reprennent leur activité, les téguments externes passent au bleu noir chez les témoins, tandis qu'ils restent pâles chez les opérés; une zone orange clair barre la première dorsale des normaux et reste terne chez les opérés. Il semble que deux phénomènes soient ici superposés : l'un, d'origine mélanotrope, sensible aux variations de coloration du milieu; l'autre d'origine sexuelle, analogue à la parure de noce. Les autopsies, à quelque période que ce soit, montrent, chez les opérés, à la paroi interne de la cavité viscérale, des chromatophores toujours rétractés, tandis qu'ils sont le plus souvent dilatés chez les normaux.

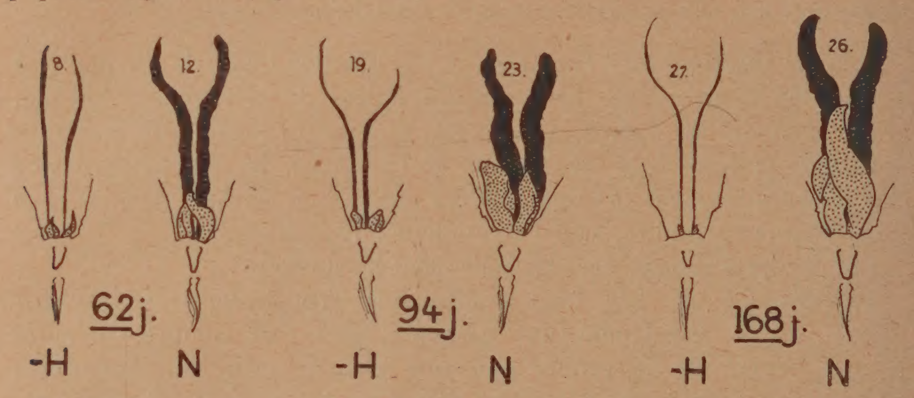
Tractus génital. — 1° Soixante-deux jours après ablation de l'hypophyse (fig. de gauche), les testicules sont en régression chez les opérés (8) et apparaissent plus étroits que chez les normaux (12); les annexes [1] présentent avec la normale une différence de volume peu accusée.

2° Après 94 jours (fig. du milieu), la différence s'accentue considérablement; les testicules des normaux (23) ont triplé de volume et forment deux bandelettes consistantes, blanc laiteux, larges de 2^{mm} chacune chez des individus mesurant 8^{cm} de long; ceux des opérés (19) sont restés à l'état de bandelettes, larges de $0^{mm},5$, gris brunâtre et molles; les annexes

(1) J. H. Vivien, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 938.

des témoins ont quintuplé de volume, tandis qu'elles sont restées à l'état de réduction chez les hypophysoprives.

3° Après 168 jours (fig. de droite), le tractus génital des normaux (26) a continué son développement, accentuant la différence avec le tractus des opérés (27) qui régresse encore, la régression intéressant même alors la papille urogénitale (fig. de droite).



—H, opéré; N, normal : à gauche, après 62 jours; au centre, après 94 jours; à droite, après 168 jours. En noir, testicules; en pointillé, glandes annexes,

L'examen histologique montre que : 94 jours après l'hypophysectomie les tubes séminifères présentent encore quelques spermatogonies et spermatocytes normaux et des éléments en dégénérescence dans la lumière des tubes, mais le testicule ne contient pas de spermatides, alors que les testicules des normaux présentent, déjà à cette époque, un début de spermiogenèse. 168 jours après ablation pituitaire, l'involution des produits génitaux est totale; le testicule présente un aspect proche de celui d'une gonade impubère; les tubes séminifères ne présentent pas de lumière et sont réduits à un épithélium simple indifférencié. Chez les normaux, la spermiogenèse bat son plein.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Smith et Engle ([2]) obtenus sur le rat et le singe, et ceux décrits tout récemment par Gallien sur *Rana temporaria* ([3]).

Croissance. — La croissance des témoins est régulière en taille et en

---

([2]) *Comparative effect of hypophysectomy on the testes on Monkeys and Rats. Les Hormones sexuelles.* Paris, 1938, p. 201.

([3]) Gallien, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, (17 déc. sous presse).

poids, du 18 juin au 9 décembre, certains passant de 9 à 12^{cm} et de $9^g,55$ à $14^g,85$; pour les hypophysoprives, j'ai constaté un arrêt de croissance en taille et un léger amaigrissement de l'ordre de $0^g,45$ pendant les 45 premiers jours, suivis d'une reprise accélérée, qui ramène les opérés à la même taille et au même poids que les témoins.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 12 décembre 1938.)

Note de M. *Gabriel Bertrand*, Sur la quantité de zinc contenue dans l'eau de mer :

Page 1139, ligne 11 en remontant, *au lieu de* On redissout le second, *lire* On redissout la partie basique du second....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1938.

Première conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles, Paris, 13-17 septembre 1937. Ouvrage publié par la Commission française d'études des calamités avec le concours de l'Union internationale de secours du Ministère de l'Éducation nationale et du Ministère de l'Agriculture. Paris, Secrétariat de la Conférence, 1938; 1 vol. 28^{cm} (présenté par M. J. Tilho).

Science moderne et Philosophie médiévale, par M. Gorce et F. Bergounioux. Paris, Librairie Félix Alcan, 1938; 1 vol. 22^{cm}.

Encyclopédie biologique. XVIII. *La distribution géographique des Végétaux dans la Région méditerranéenne française*, par Charles Flahault. Œuvre posthume publiée par H. Gaussen. Paris, Paul Lechevalier, 1937; 1 vol. 25^{cm},5.

Standards on Radio Receivers 1938. New-York, N. Y., The Institute of Radio Engineers, Inc., 1938; 1 fasc. 23^{cm}.

Standards on Electronics 1938. New York, N. Y., The Institute of Radio Engineers, Inc., 1938; 1 fasc. 23^{cm}.

Conférences sur quelques questions de mécanique et de physique mathématique, par Vito Volterra. I. *Rotations des corps dans lesquels existent des mouvements internes*, in *Collection de Physique mathématique*. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 fasc. 25^{cm},5.

Historique de la Pêche dunkerquoise à la Morue sur les côtes d'Islande, sur le grand banc de Terre-Neuve et dans les Mers du Nord, par Henri du Rin. Tome II, in *Publication de la Société dunkerquoise pour l'Encouragement des sciences, des lettres et des arts*. Dunkerque, Imprimerie du Nord maritime, 1938; 1 vol. 21^{cm},5.

Collection de Physique mathématique. Fasc. V. *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, par Louis de Broglie. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 25^{cm}.

Direcção geral de Minas e serviços geologicos. Serviços geologicos de Portugal. *Os Vales submarinos Portugueses e O Diastrofismo das Berlengas e da Estremadura*, par Carlos Freire de Andrade. Lisbóa, Casa portuguesa, 1937; 1 vol. 33^{cm},5 (en langue portugaise).

The geometry of Determinantal Loci, par T. G. Room. Cambridge, University Press, 1938; 1 vol. 27^{cm},5.

FIN DU TOME DEUX CENT-SEPTIÈME.